Otto Lemmermann,

Düngerlehre.

Moritz Schäfer
Leipzig.

Herrn Geheimrat Professor Dr.
Th. Freiherrn von der Goltz
in Dankbarkeit und Verehrung
überreicht v. Verfasser.

Weihnachten 1907.

Agric.
Soil.

Die
Düngerlehre.

Lehrbuch zum Selbstunterricht

sowie zum Gebrauche für

Studierende und Lehrer der Landwirtschaft.

Von

Dr. Otto Lemmermann,

Privatdozenten für Agrikulturchemie an der Universität Jena.

Mit 21 Abbildungen und zahlreichen Tabellen.

Leipzig.

Verlagsbuchhandlung von Moritz Schäfer.

1902.

Vorwort.

„Die Düngung des Bodens“ ist ein Teil des von Herrn Professor Dr. Settegast herausgegebenen Werkes: „Die Lehre von der Landwirtschaft,“ welches das gesamte Gebiet der Landwirtschafts-Wissenschaft umfassen soll. Dieser Umstand hat auch dem vorliegenden Buche seinen Stempel insofern aufgedrückt, als bei der Abfassung desselben darauf Rücksicht genommen werden mußte, daß es sich dem Charakter des ganzen Werkes möglichst anpaßte.

So mußte sowohl bei der Auswahl als auch bei der Verarbeitung des Stoffes darauf Bedacht genommen werden, daß die „Lehre von der Landwirtschaft“ nach dem Plane des Herausgebers nicht nur für den Gebrauch des praktischen Landwirtes bestimmt ist, sondern auch dem studierenden Landwirt und dem Lehrer ein Hilfsbuch sein soll.

Im übrigen stellt die „Düngung des Bodens“ ein vollständig in sich abgeschlossenes und selbständiges Ganzes dar.

Auf genaue Litteraturnachweisungen mußte im Interesse der äußeren Gleichmäßigkeit mit den übrigen Teilen des Gesamt-Werkes, sowie der Raumersparnis wegen, verzichtet werden.

Die Ausarbeitung wurde im Jahre 1900 beendet. Die bis zu diesem Zeitpunkte erschienenen Lehrbücher, Schriften und Abhandlungen agrikultur-chemischen Inhaltes sind bei der Bearbeitung vorliegender Düngerlehre möglichst berücksichtigt worden.

Jena, im November 1901. Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Verbesserungen.

Seite 18, Zeile 20 von oben muß statt Volum heißen Volumen.
„ 26, „ 10—13 „ „ „ „ % „ gr.
„ 31, „ 7 „ „ „ „ beträchtlichen heißen beträchtlichem.
„ 31, „ 8 „ „ „ „ Es „ Er.
„ 31, „ 19 „ unten „ „ des Kalk „ des Kalkes.
„ 43, „ 15 „ oben „ „ Proteinsubstanzen „ Proteïnsubstanzen.
„ 46, „ 7 „ „ „ „ verwertbar „ verwendbar.
„ 47, „ 17 „ unten „ „ 100 Gewichtsteile „ 1000 Gewichtsteile.
„ 53, „ 21 „ oben „ „ Seen „ Seeen.
„ 55, „ 11 u. 20 „ „ „ „ Exkemente „ Exkremente.
„ 55, „ 24 „ „ „ „ ist „ sind.
„ 63, „ 5 „ unten „ „ Fragen „ Frage.
„ 65, „ 2 „ oben „ „ hatte „ hat.
„ 72, „ 11 „ unten „ „ werden „ worden.
„ 74, „ 13 „ oben „ „ organische „ organischer.
„ 76, „ 9 „ unten „ „ Planzennährstoffe „ Pflanzennährstoffe.
„ 77, „ 22 „ oben „ „ Vorstehenden „ Vorstehendem.
„ 78, „ 11 „ „ „ „ unterbringen „ unterzubringen.
„ 78, „ 13 „ „ „ „ Acht „ acht.
„ 79, „ 4 „ unten „ „ läßt „ läßt sich.
„ 81, „ 9 „ „ „ „ annehmen „ annimmt.
„ 82, „ 16 „ oben „ „ diejenigen „ diejenige.
„ 82, „ 3 „ unten „ „ bei „ beim.
„ 83, „ 7 „ oben „ „ wirksamen „ wirksamem.
„ 84, „ 7 „ unten „ „ ausschließlich „ ausschließlichen.
„ 84, „ 1 „ „ „ „ durch „ mit.
„ 88, „ 1 „ „ „ „ nagchewiesen „ nachgewiesen.
„ 91, „ 21 „ oben „ „ den „ dem.
„ 94, „ 13 „ unten „ „ und erhalten „ und auf derselben zu erhalten.
„ 95, „ 14 „ oben „ „ geringen zur Verfügung stehende heißen zur Verfügung
„ 97, „ 11 „ unten „ „ ästetischer heißen ästhetischer. [stehenden geringen.
„ 97, „ 5 „ „ „ „ diejenigen „ die.

Die Düngung des Bodens.

Einleitung.

Die gewaltigen Errungenschaften der Naturwissenschaften und der Technik, durch die seit der Mitte dieses Jahrhunderts ein ganz neues wirtschaftliches Zeitalter eingeleitet ist, haben auch in der Landwirtschaft mächtige Umwälzungen hervorgerufen.

Speziell für das hier abzuhandelnde Gebiet der Landwirtschaft, die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, bedeutet die Mitte unseres Jahrhunderts einen Wendepunkt der Entwickelung.

Das anbrechende Jahrhundert traf den Ackerbau im Hinblick auf die Ernährung der Pflanzen noch auf verhältnismäßig niedriger Stufe an. Seine diesbezügliche Ausübung erhob sich nicht viel über das Niveau des Handwerksmäßigen. Der Landwirt düngte seine Felder, ohne den ursächlichen Zusammenhang zwischen der Düngung und ihrer Wirkung zu kennen. Kurzum, der Ackerbau war ein nach ererbten aber unverstandenen Regeln ausgeübtes Erfahrungsgewerbe. Und es konnte nicht anders sein, denn die Landwirtschaft entbehrte in jener Zeit zu sehr der thatkräftigen Beihilfe der Naturwissenschaften, deren Vertreter sich übrigens selbst noch nicht über das wahre Wesen der Pflanzenernährung klar waren.

In Deutschland war A. Thaer (1752—1828), der Begründer der rationellen Landwirtschaft, einer der Ersten, die es versuchten, die Resultate der Naturwissenschaften auf die Agrikultur anzuwenden.

Hinsichtlich der Ernährung der Pflanzen vertrat er die sogenannte Humustheorie, nach welcher man annahm, daß jene braunen humusartigen Bestandteile des Bodens das Material waren, welches den Pflanzen als Nahrung diene. Der Humusgehalt galt als Wertmesser für die Güte eines Bodens, den mineralischen Bestandteilen desselben maß man nur eine untergeordnete Bedeutung bei. Den Humusgehalt auf seiner Höhe zu erhalten, war der Zielpunkt des Bestrebens und führte zu einer Wirtschaftsweise, die auf die Erzeugung von Mist das Hauptgewicht legte — zur reinen Stallmistwirtschaft. Es ist als ein Glück für die Landwirtschaft zu betrachten, daß diese Theorie, die schließlich zum Raubbau führen mußte, sich nicht lange behauptete.

Seit Ende des vorigen Jahrhunderts war in immer höherem Grade das Interesse der Naturwissenschaften auch für landwirtschaftliche Fragen erwacht und durch zahlreiche Forschungen über das Wesen der Pflanzenernährung immer mehr Licht über das Dunkle dieser Frage verbreitet worden.

Auf diese Arbeiten*) sowie auf seine eigenen fußend, trat dann im Jahre 1840 J. v. Liebig (1803—1873) mit einem Werke über die Chemie in ihrer Anwendung

*) Besonders müssen hier diejenigen von C. Sprengel (1787—1859) genannt werden.

auf Agrikultur und Physiologie hervor, wies darin in überaus geistvoller Weise das Unhaltbare der Humustheorie nach und stellte eine neue Theorie über die Ernährung der Pflanzen auf, die sich nach kurzem Kampfe die Welt eroberte.

Die Liebig'sche Lehre betonte vor allem die Wichtigkeit der Mineralstoffe für die Pflanzen und den Acker und wurde im Gegensatz zur Humustheorie die Mineralstofftheorie genannt.

Das Erscheinen des Liebig'schen Buches rief eine gewaltige Erregung in den landwirtschaftlichen Kreisen hervor und spaltete sie in zwei Lager — in die Anhänger der Humustheorie und die Verfechter der Mineralstofftheorie — die sich erbittert bekämpften; ja es wurde vor Liebig als vor einem falschen Propheten öffentlich gewarnt. Dieser Streit endete im Jahre 1856 mit einer Anerkennung der Liebig'schen Lehren, die, noch heute im wesentlichen Giltigkeit besitzend, naturgemäß eine große Umgestaltung des landwirtschaftlichen Betriebes hervorrufen mußten und die Landwirtschaft in ganz neue Bahnen lenkten.

Auch die Technik trug den Liebig'schen Lehren Rechnung, indem sie dem Landwirt alle Pflanzennährstoffe, die er für den speciellen Fall benötigte, in konzentrierter Form zu Gebote stellte.

Seit jener Zeit, wo die Naturwissenschaften anfingen, in die Landwirtschaft einzugreifen, bildete sich allmählich eine ganz neue Wissenschaft selbständig heraus, die es als ihre Aufgabe betrachtete, die wissenschaftliche Forschung speciell für die Landwirtschaft nutzbar zu machen. Diese Wissenschaft, die eine Erforschung aller für das Gedeihen der Kulturorganismen in Betracht kommenden Verhältnisse zum Gegenstand ihres Studiums macht und die den landwirtschaftlichen Betrieb vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus beleuchten will, ist die Agrikulturchemie.

So ablehnend sich zuerst die praktische Landwirtschaft ihr gegenüber verhielt, so überzeugt ist sie jetzt, — eingedenk dessen, was sie der Agrikulturchemie besonders in Bezug auf eine rationelle Ernährung der Pflanzen und Tiere verdankt — daß ohne Beihilfe derselben ein lohnender Betrieb der Landwirtschaft nicht mehr möglich ist.

Und mehr wie je ist es heute Pflicht eines jeden Landwirtes, wenn er den Forderungen, die sein Beruf und die Zeitverhältnisse an ihn stellen, voll gerecht werden will, sich auch mit den wichtigsten Lehren der Agrikulturchemie, durch deren Kenntnis er allein zu einer rationellen Düngung gelangen kann, vertraut zu machen.

Darüber aber, daß eine streng rationelle Düngung gerade bei der jetzigen schwierigen Lage der Landwirtschaft besonders geboten erscheint, um dieselbe überwinden zu helfen, dürfte wohl kein Zweifel bestehen. Bevor wir an unsere eigentliche Aufgabe herantreten und uns mit den Forschungsergebnissen der Agrikulturchemie hinsichtlich der Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bekannt machen, wird es erforderlich sein, in kurzen Zügen zunächst einen Überblick über die allgemeinen Lebensbedingungen unserer Kulturgewächse, die uns hier ja nur interessieren, zu geben.

I. Die Wachstumsbedingungen der Pflanzen.

Es ist und war auch schon früher dem Landwirte bekannt, daß zu einem gedeihlichen Wachstume seiner Pflanzen zweierlei gehört: ein guter Boden und gutes

Wetter. Dieses erscheint selbstverständlich und ist es auch. Aber warum es dieses ist, darüber war man lange im Unklaren und erst die neuere Zeit hat hier aufklärend gewirkt.

Der Boden und das Wetter sind in unserem speciellen Falle Sammelbegriffe für die einzelnen, für das Pflanzenwachstum notwendigen Wachstumsfaktoren, und zu diesen gehören außer den speciellen Pflanzennährstoffen, die uns die Natur in dem Boden und der Atmosphäre bietet, noch Licht, Luft, Wasser und Wärme als solche.

Keine dieser Wachstumsbedingungen kann entbehrt werden, alle sind gleich notwendig und darum gleichwertig.

In Anbetracht dessen, daß die Bedeutung der einzelnen Wachstumsfaktoren für das Pflanzenleben, sowie die Funktionen, welche die einzelnen Nährstoffe innerhalb der Pflanzen ausüben, in einem anderen Abschnitte dieses Buches behandelt werden, wollen wir im Folgenden diese Wachstumsfaktoren mehr vom allgemeinen Gesichtspunkte aus betrachten und vor allem ihrem Wesen nach kennen lernen und ihre specielle Bedeutung nur, soweit wie nötig ist, streifen.

Um nun denjenigen, die bisher keine Gelegenheit hatten, sich mit der Chemie zu beschäftigen, das richtige Verständnis der nachfolgenden Ausführungen zu erleichtern resp. zu ermöglichen, wollen wir einige allgemeine Bemerkungen über chemische Grundbegriffe vorausschicken, soweit dieses die Kürze des Raumes gestattet.

Chemische Begriffsentwickelung.

Die Chemie hat uns gelehrt, daß unser ganzer Erdball in letzter Linie aus einfachen Grundstoffen besteht, durch deren gegenseitige Verbindung die mannigfachsten Gebilde hervorgehen können und entstanden sind. Um eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wie es möglich ist, daß aus den wenigen Elementen alle Körper der Erde entstanden sind, denke man daran, daß durch die wenigen Buchstaben des Alphabets die verschiedensten Wörter gebildet werden können.

Unter einem solchen Grundstoff, auch chemisches Element genannt, versteht man einen einfachen Körper, der sich mit den uns heute zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht weiter in verschiedene Bestandteile zerlegen läßt.

Wir kennen gegenwärtig ungefähr 70 solcher Elemente. Nachstehend sind die bekannteren und die für die Landwirtschaft wichtigsten unter Beifügung ihres chemischen Schriftzeichens aufgeführt:

A. Nichtmetalle oder Metalloide:

Wasserstoff	H	bei gewöhnl. Temperatur luftförmige Körper.
Sauerstoff	O	
Stickstoff	N	
Chlor	Cl	
Kohlenstoff	C	feste Körper.
Schwefel	S	
Phosphor	P	
Silicium (Kiesel)	Si	

B. Metalle:

Kalium	K	Alkali-Metalle.	Leicht-metalle.	feste Körper.
Natrium	Na			
Calcium	Ca	Alkalische Erdmetalle.		
Magnesium	Mg			
Aluminium	Al	Erdmetall.		
Eisen	Fe	unedle Metalle.	Schwer-Metalle.	
Zinn	Sn			
Zink	Zn			
Blei	Pb			
Kupfer	Cu			
Silber	Ag	edle Metalle.		
Gold	Au			

Die Elemente verhalten sich verschieden gegeneinander, teils vermögen sie sich direkt mit einander zu verbinden, teils nicht. Wirkt ein Körper a auf einen Körper b so ein, daß ein ganz neuer Körper c entsteht, der ganz andere Eigenschaften besitzt als die beiden Körper, aus denen er hervorgegangen ist, so sagt man, die Körper haben sich chemisch verbunden und nennt den resultierenden Körper eine chemische Verbindung. Einen Gegensatz zu einer chemischen Verbindung stellt ein mechanisches Gemenge dar, in welchem die Körper, aus denen es besteht, unverbunden und unverändert nebeneinander bestehen und meistens durch einfache mechanische Mittel wieder voneinander getrennt werden können. Wir werden später sehen, daß das Wasser z. B. eine chemische Verbindung, die Luft ein mechanisches Gemenge ist.

Den Vorgang, der sich bei der Bildung einer chemischen Verbindung abspielt, nennt man einen chemischen Prozeß und nimmt als Ursache für das Vereinigungsvermögen der Körper eine besondere Kraft an, die man als chemische Verwandtschaft (oder Affinität) bezeichnet.

Eine andere Vorbedingung für das Zustandekommen einer chemischen Verbindung ist, daß die betreffenden Körper in eine möglichst innige Berührung miteinander gelangen; mindestens der eine muß sich in einem flüssigen oder gasförmigem Zustande befinden.

Treten zwei Körper chemisch zusammen, so verändern sich ihre kleinsten Teilchen, die Moleküle, durch Umtausch ihrer Bestandteile, der Atome.

Unter einem Molekül versteht man die kleinste Menge eines einfachen oder zusammengesetzten Körpers, die im freien Zustande existieren kann. Die Moleküle lassen sich also durch mechanische Mittel nicht weiter in kleinere Teilchen zerlegen, wohl ist dieses aber durch chemische Kräfte möglich. Die Moleküle sind daher im chemischen Sinne aus noch kleineren Bestandteilen zusammengesetzt und diese heißen Atome. Diese Atome sind frei für sich nicht existenzfähig, sondern kommen stets zu Molekülen vereinigt vor.

Bei jedem chemischen Prozesse aber, sei es eine Vereinigung oder eine Trennung, spalten sich die Moleküle eines Körpers in ihre Atome, die sich aber sofort wieder in anderer Ordnung mit einander verbinden und so mit neuen Eigenschaften begabte Moleküle und daher auch neue Körper bilden. Es ist klar, daß die Moleküle der Elemente aus gleichartigen Atomen, die Moleküle der zusammengesetzten Körper aus verschiedenartigen Atomen bestehen. Von hoher Bedeutung für die Charakteristik der Elemente sind ihre Atomgewichte, welche für die verschiedenen Elemente verschieden sind und ihre besonderen Eigenschaften bedingen.

Am leichtesten ist das Wasserstoffatom. Man nimmt dasselbe als Einheit an und bezieht darauf die Gewichte der übrigen Elementatome.

Da sich nun, wie schon angegeben, die Elemente nach Atomen verbinden, so folgt daraus der wichtige Satz: Wenn sich zwei Elemente miteinander verbinden, so geschieht dieses in fest bestimmten Verhältnissen.

Kennt man nun die Anzahl der das Molekül einer Verbindung zusammensetzenden Atome, so gelangt man durch Addition der betreffenden Atomgewichte zu ihrem Molekulargewichte. Die Kenntnis der Atomgewichte ist u. A. wichtig, um die bei einem chemischen Prozesse obwaltenden Gewichtsverhältnisse der betreffenden Körper berechnen zu können.

Hierzu ist allerdings noch eins erforderlich, nämlich die Kenntnis der Bindungsfähigkeit der Atome, die für die einzelnen Elemente verschieden sein kann. Auch hier hat man das Verhalten gegenüber dem Wasserstoff als Maßstab angenommen. Vermag sich ein Element nur mit einem Atome Wasserstoff zu vereinigen, so nennt man es einwertig. Zwei-, drei-, vier- 2c. wertig sind solche Elemente, die sich mit der entsprechenden Anzahl Wasserstoffatome oder anderer einwertiger Elemente verbinden können. Diese atombindende Kraft eines Elementes nennt man seine Valenz oder Wertigkeit. Im allgemeinen gilt der Satz: Gleichwertige Elemente vereinigen sich zu je einem Atome, ungleichwertige Elemente vereinigen sich im umgekehrten Verhältnisse ihrer Wertigkeit. Die Gleichwertigkeit bezeichnet man auch mit dem Worte Äquivalenz.

Wie wir schon der Tabelle entnehmen konnten, teilt man die Elemente — und zwar auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften — in Metalle und Nichtmetalle ein. Auch in chemischer Beziehung besteht ein gewisser Gegensatz zwischen diesen beiden Klassen; so in ihrem Verhalten gegen Wasserstoff und was uns hier mehr interessiert, gegen Sauerstoff. Die Nichtmetalle oder Metalloide vermögen mit Sauerstoff Verbindungen (Oxyde genannt)*) einzugehen, die unter Hinzutritt von Wasser Körper bilden, die man Säuren nennt. Die Sauerstoffverbindungen der Metalle (Oxyde) dagegen bilden mit Wasser vorzüglich die sogenannten Basen.

Es muß jedoch betont werden, daß sich eine scharfe Grenze zwischen Metallen und Metalloiden nicht ziehen läßt. Die Säuren besitzen ihrem Namen entsprechend einen sauren Geschmack und vermögen blauen Lackmusfarbstoff zu röten. Die Basen schmecken dagegen laugenhaft und färben roten Lackmusfarbstoff blau. Wenn eine Säure auf eine Base einwirkt, so entstehen die sogenannten Salze, die, wenn auch nicht immer, so doch meist, einen salzartigen Geschmack und neutrale Reaktion besitzen, d. h. weder rotes Lackmuspapier blau noch blaues rot färben. Diese Charakteristik der Säuren, Basen und Salze reicht aber für viele Fälle nicht aus.

So giebt es Säuren (wie z. B. die Salzsäure) die überhaupt keinen Sauerstoff besitzen.

Allen Säuren gemeinsam ist aber ihr Gehalt an Wasserstoff und die Eigenschaft, daß dieser Wasserstoff durch Metallatome vertretbar ist. Im chemischen Sinne versteht man daher unter Säuren solche Wasserstoffverbindungen, welche durch Austausch ihrer Wasserstoffatome gegen Metallatome Salze zu bilden vermögen.

Dementsprechend sind Basen Metalloxyde, die mit Säuren Salze erzeugen können und Salze solche Verbindungen, die durch das Aufeinanderwirken von Säuren und Basen entstehen. Je nach der Anzahl der durch Metallatome ersetzbaren Wasserstoffatome unterscheidet man die Säuren als einbasische, zweibasische und dreibasische. Ist nun in einer dreibasischen Säure z. B., die also drei durch Metalle vertretbare Wasserstoffatome enthält, nur ein Wasserstoffatom ersetzt, so haben wir ein primäres Salz vor uns. Wenn zwei oder alle drei Wasserstoffatome ersetzt sind, so heißen die betreffenden Salze sekundäre resp. tertiäre Salze. Auch hierfür werden wir später Beispiele kennen lernen.

Die Salze unterliegen wie alle anderen Körper mannigfachen Veränderungen und Umsetzungen. Wirkt z. B. auf ein Salz ab ein Körper c ein, so kann der

*) Da diese Oxyde auch aus den Säuren, durch Entziehung der Elemente des Wassers, entstehen können, werden sie auch Anhydride der zugehörigen Säure genannt.

Fall eintreten, daß c eine größere Affinität zu a oder b besitzt als a b untereinander, und es ist verständlich, daß sodann eine Umsetzung in einer der angegebenen Richtungen erfolgen muß. Ferner können sich die Salze gegenseitig umsetzen. Wenn z. B. zwei Salze a b und c d aufeinander einwirken und a hat eine größere Verwandschaft zu d als zu b, und c eine größere Affinität zu b als zu d, so werden die betreffenden Bestandteile der Salze sich zu zwei neuen Salzen a d und b c umlagern.

Über die bei den Umsetzungen der Salze obwaltenden Gesetzmäßigkeiten bestehen verschiedene Theorien, auf die näher einzugehen hier nicht der Ort sein dürfte. Es sei vielmehr nur darauf hingewiesen, daß bei der Umsetzung der Salze die Tendenz zur Bildung unlöslicher Verbindungen vorherrscht. An die große Bedeutung der Umsetzungen der Salze in dem Boden für das Pflanzenleben sei hier nur kurz erinnert.

Wie bereits bemerkt, hat man für die einzelnen Elemente besondere chemische Schriftzeichen eingeführt. Die zusammengesetzten Körper bezeichnet man durch Zusammenstellung der betreffenden Zeichen und nennt diese Bezeichnung eine Formel.

Das chemische Aufeinanderwirken der Körper bezeichnet man durch das Zeichen + und nennt die graphische Darstellung des stattfindenden Prozesses eine chemische Gleichung.

Im Nachstehenden seien einige wenige Beispiele zur Erläuterung des Gesagten angeführt:

Die Formel der Salzsäure ist HCl. Dieselbe sagt aus, daß 1 Molekül Salzsäure zusammengesetzt ist aus 1 Atom des einwertigen Wasserstoffes (H) und 1 Atom des einwertigen Chlors (Cl). Die Formel des Wassers ist H_2O. Dasselbe entsteht u. A., wenn man durch ein Gemenge der beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff den elektrischen Funken schlagen läßt, nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Wasserstoff}}{H_2} + \underset{\text{Sauerstoff}}{O} = \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

Es haben sich also bei diesem Prozesse 2 Atome des gasförmigen und einwertigen Wasserstoffes mit 1 Atom des zweiwertigen gasförmigen Sauerstoffes zu einem Molekül flüssigen Wassers vereinigt. In ganz analoger Weise zeigt uns die Formel des Ammoniaks NH_3, daß in 1 Molekül Ammoniak 3 Atome des einwertigen Wasserstoffes (H) mit 1 Atom des dreiwertigen Stickstoffes (N) verbunden sind.

Die Salzsäure, die wir soeben kennen lernten, ist eine einbasische und zwar eine sauerstofffreie Säure, wie uns ihre Formel HCl zeigt.

Eine einbasische sauerstoffhaltige Säure ist z. B. die Salpetersäure, welcher die Formel HNO_3 zukommt. Das Molekül der Salpetersäure besteht demnach aus 1 Atom Wasserstoff, 1 Atom Stickstoff und 3 Atomen Sauerstoff.

Eine zweibasische Säure ist die Schwefelsäure, denn sie besitzt 2 durch Metallatome vertretbare Wasserstoffatome. Ihre Formel ist H_2SO_4. Ihr Molekül enthält, der Formel entsprechend, 2 Atome Wasserstoff, 1 Atom Schwefel (S), 4 Atome Sauerstoff.

Als Repräsentantin einer dreibasischen Säure wollen wir die Phosphorsäure mit der Formel H_3PO_4 nennen. Ihre Zusammensetzung geht aus der Formel hervor.

Wenn wir der Schwefelsäure die Elemente des Wassers entziehen, so gelangen wir zu ihrem Anhydrid:

$$\underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} - \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Schwefelsäureanhydrid.}}{SO_3}$$

Die in der Luft vorkommende Verbindung des Kohlenstoffes mit Sauerstoff CO_2, deren Molekül also besteht aus 1 Atom des vierwertigen Kohlenstoffes und 2 Atomen des zweiwertigen Sauerstoffes und die wir gewöhnlich (aber unrichtig) mit Kohlensäure bezeichnen, ist ein Anhydrid und müßte daher richtiger Kohlensäureanhydrid genannt werden, denn der Kohlensäure (die allerdings nicht im freien Zustande bekannt ist) kommt die Formel H_2CO_3 ($= H_2O + CO_2$) zu.

Wir haben oben gesehen, daß Metalle mit Sauerstoff Verbindungen bilden (Oxyde), welche zusammen mit Wasser die sogenannten Basen, auch Hydroxyde genannt, liefern. Die wasserfreien Metalloxyde kann man auch als Basenanhydride bezeichnen.

Solche Metalloxyde sind z. B. Na_2O = Natriumoxyd. CaO = Calciumoxyd.

In dem Natriumoxyd sind 2 Atome des einwertigen Natriums mit 1 Atom des zweiwertigen Sauerstoffs verbunden. Lassen wir auf diese Verbindung Wasser einwirken, so erhalten wir die Base, das Natriumhydroxyd ($NaOH$). Der Prozeß verläuft in folgender Weise:

$$\underset{\text{Natriumoxyd}}{Na_2O} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Natriumhydroxyd.}}{2\,NaOH}$$

Das Natriumoxyd wird auch Ätznatron genannt. Das Calciumoxyd CaO (bekannt als gebrannter Kalk) enthält im Molekül 1 Atom des zweiwertigen Calciums und 1 Atom des zweiwertigen Sauerstoffs. Mit Wasser vereinigt es sich nach folgender Gleichung zu der Base Calciumhydroxyd:

$$\underset{\text{Calciumoxyd}}{CaO} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Calciumhydroxyd}}{Ca(OH)_2}$$

Die Salze entstehen, wie erwähnt, aus den Säuren, wenn die Wasserstoffatome der letzteren durch Metallatome ersetzt werden.

Ersetzen wir z. B. das einwertige Wasserstoffatom der Salzsäure HCl durch ein einwertiges Natriumatom (Na), so gelangen wir zu dem Salze $NaCl$, und bezeichnen diese Verbindung als Chlornatrium oder Natriumchlorid. Im gewöhnlichen Leben nennt man die Verbindung $NaCl$ Kochsalz. Wenn wir uns ferner die beiden einwertigen Wasserstoffatome der Schwefelsäure (H_2SO_4) durch zwei einwertige Natriumatome (Na) oder durch ein zweiwertiges Calciumatom (Ca) vertreten denken, so erhalten wir im ersteren Falle das Salz Na_2SO_4, im zweiten Falle das Salz $CaSO_4$.

Na_2SO_4 bezeichnen wir mit dem Namen schwefelsaures Natrium oder Natriumsulfat (Glaubersalz ist schwefelsaures Natrium). $CaSO_4$ würde dementsprechend schwefelsaures Calcium oder Calciumsulfat zu nennen sein (Gyps ist schwefelsaures Calcium).

Solche Salze können nun u. A. entstehen, wenn man eine Base und eine Säure aufeinander einwirken läßt. Wir wollen hierfür einige Beispiele anführen:

1. $$\underset{\text{Salzsäure}}{HCl} + \underset{\text{Natriumhydroxyd}}{NaOH} = \underset{\text{Natriumchlorid}}{NaCl} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

2. $$\underset{\text{Salpetersäure}}{HNO_3} + \underset{\text{Natriumhydroxyd}}{NaOH} = \underset{\text{Natriumnitrat}}{NaNO_3} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O}$$

3. $$\underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} + \underset{\text{Natriumhydroxyd}}{2\,NaOH} = \underset{\text{Natriumsulfat}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O}$$

4. $$\underset{\text{Phosphorsäure}}{H_3PO_4} + \underset{\text{Natriumhydroxyd}}{3\,NaOH} = \underset{\text{Natriumphosphat}}{Na_3PO_4} + \underset{\text{Wasser}}{3\,HO_2}$$

Hierbei wollen wir zugleich bemerken, daß die Salze der Salzsäure Chloride, der Salpetersäure Nitrate, der Schwefelsäure Sulfate, der Phosphorsäure Phosphate ꝛc. genannt werden.

Wir wollen die obigen Gleichungen noch kurz von einem anderen Gesichtspunkte aus betrachten. Wie wir sehen, haben bei den verschiedenen Säuren, entsprechend ihrer Basicität (die nach der Anzahl der vertretbaren Wasseratome gemessen wird), verschieden viele Moleküle Natriumhydroxyd einwirken müssen, um sämtliche Wasserstoffatome zu vertreten.

Es ist nun ohne weiteres klar, daß die Umsetzung zwischen der einbasischen Salzsäure und Salpetersäure einerseits und dem Natriumhydroxyd andererseits nur in dem Sinne erfolgen kann, wie sie in den Gleichungen 1 und 2 zum Ausdruck gelangt, da das eine Wasserstoffatom dieser Säure nur in einfacher Weise vertreten werden kann. Anders bei den mehrbasischen Säuren, bei denen, wie wir wissen, der Fall möglich ist, daß ihre Wasseratome nur zum Teil gegen Metallatome ausgetauscht werden unter Bildung verschiedener Reihen Salze.

Die Umsetzung zwischen der Schwefelsäure und dem Natriumhydroxyd kann demnach auf zweierlei Weise vor sich gehen:

I) $H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$ und

II) $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

In ähnlicher Weise sind bei Einwirkung von Natriumhydroxyd auf die dreibasische Phosphorsäure drei Fälle möglich, indem ein, zwei oder drei Moleküle Natriumhydroxyd auf ein Molekül Phosphorsäure einwirken können:

I) $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$

II) $H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$

III) $H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$

Wir haben bereits kennen gelernt, daß wir die Salze der mehrbasischen Säuren je nach der Zahl der durch Metalle vertretenen Wasserstoffatome einteilen in primäre, sekundäre und tertiäre Salze.

Im vorliegenden Falle wäre ein

primäres Salz: $NaHSO_4$ resp. NaH_2PO_4

sekundares Salz: Na_2SO_4 „ Na_2HPO_4

tertiäres Salz: Na_3PO_4

Die Kalksalze der Phosphorsäure die in dieser Beziehung von besonderer Wichtigkeit hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Landwirtschaft sind, werden wir später eingehender zu behandeln haben.

Umsetzungen der Salze. Wenn wir uns einerseits eine Lösung von Chlornatrium $NaCl$ (Kochsalz) und andererseits eine solche von Silbernitrat $AgNO_3$ (salpetersaures Silber wird im gewöhnlichen Leben auch Höllenstein genannt) herstellen und diese Lösungen mit einander vereinigen, so werden wir die Beobachtung machen, daß sich sofort ein weißer, käsig-flockiger Niederschlag bildet. Die Salze haben sich zu zwei neuen Körpern umgesetzt, von denen der eine nicht im Wasser löslich ist. Die Umsetzung verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Chlornatrium}}{NaCl} + \underset{\text{Silbernitrat}}{AgNO_3} = \underset{\text{Chlorsilber}}{AgCl} + \underset{\text{Natriumnitrat.}}{NaNO_3}$$

Es sind also aus den ursprünglichen Verbindungen zwei neue Salze entstanden: Chlorsilber, welches als weißer Niederschlag ausfällt und Natriumnitrat, welches in Lösung verbleibt.

Die Ursache solcher Umsetzungen haben wir bereits oben kurz dargelegt.

Die Zusammensetzung der Pflanzensubstanz.

Wenn wir die grüne Pflanzensubstanz der chemischen Analyse unterwerfen, so können wir zunächst lediglich durch Anwendung drei verschiedener Wärmegrade drei verschiedenartige Bestandteile derselben kennen lernen: 1. ihren Gehalt an Wasser, 2. ihren Gehalt an organischer Substanz und 3. ihren Gehalt an anorganischen Bestandteilen.

Wasser ist derjenige Anteil welcher entweicht, wenn wir die Pflanzenteile längere Zeit einer Temperatur von 100—110° aussetzen. Der zurückbleibende Teil heißt Trockensubstanz. Steigern wir sodann die Temperatur, so werden wir beobachten, wie die trockenen Pflanzenteile sich allmählich dunkler färben und alsdann entzünden. Setzen wir die Erhitzung genügend lange fort, so hinterbleibt schließlich eine weiß gefärbte Asche als Rückstand.

Den verbrennlichen Teil der Pflanzen pflegt man als organische Substanz zu bezeichnen.

Die Asche enthält die unverbrennlichen, anorganischen oder Mineral-Substanzen.

Dem Gewichte nach besteht der grüne Pflanzenkörper zum weitaus größten Teil aus Wasser, welches oft bis zu $^4/_5$ und mehr seines Gesamt-Gewichtes ausmacht; auch die lufttrockenen Pflanzenteile enthalten noch beträchtliche Mengen Wasser, so beträgt z. B. der Wassergehalt der lufttrockenen Körner sowie des Strohes von Getreidearten und auch sämtlicher Heuarten noch ca. 15 %. Dem Gewichte nach folgt sodann für die grüne Pflanze die organische Substanz und hieran schließen sich die Mineralbestandteile. In der lufttrockenen Substanz nimmt natürlich die organische Substanz die erste Stelle ein. Die durchschnittliche Zusammensetzung einer Halmfrucht ist ungefähr 82 % org. Subst., 15 % Wasser und 3 % Mineralsubstanz.

Unter dem Namen „organische Substanz" faßt man die verschiedenartigsten Körper, wie Stärke, Zucker, Fett, Eiweiß, Cellulose, Harze, Farbstoffe ꝛc. zusammen. So ungleichartig aber auch die Stoffe hinsichtlich ihrer äußeren Eigenschaften sind, so nahe sind sie verwandt, wenn man ihre chemische Zusammensetzung betrachtet, denn die chemische Analyse lehrt uns, daß sämtliche organische Substanzen der Pflanzen fast ausschließlich nur aus vier Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (einige enthalten außerdem noch Phosphor und Schwefel) bestehen.

Sehr viel mannigfaltiger ist die Asche zusammengesetzt*), und dieses ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Aufnahme der Nährstoffe durch die Wurzeln ein rein endosmotischer Vorgang ist, demzufolge alle diejenigen Stoffe in die Pflanze gelangen, welche sich ihr im aufnahmefähigen Zustande darbieten.

Thatsächlich sind auch schon so ziemlich alle bekannten Elemente in der Pflanzenasche aufgefunden worden.

Über die Frage nun, ob die Mineralstoffe überhaupt als Nährstoffe für die Pflanzen in Betracht kommen, sind die Akten längst geschlossen, und es unterliegt keinem Zweifel mehr, daß es der Fall ist.

*) Über die durchschnittliche Zusammensetzung der Pflanzenasche vergleiche man die Tabellen am Schlusse dieses Buches.

Es fragt sich nur, ob alle in den Pflanzen vorkommenden Elemente für deren Leben absolut notwendig sind. Daß dieses nicht sein kann, geht schon aus dem Umstande hervor, daß viele der Mineralstoffe nicht regelmäßige Bestandteile der Pflanzenasche sind, sondern nur gelegentlich in ihr gefunden werden. Durch zahlreiche Kulturversuche hat man die verschiedene Bedeutung der einzelnen Elemente für die Ernährung der Pflanzen untersucht und gefunden, daß vor Allem die Anwesenheit von 10 Elementen unbedingt für eine gedeihliche Entwickelung der Pflanzen nötig ist.

Die 10 absolut unentbehrlichen Nährstoffelemente sind: Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen. Nach den neueren Untersuchungen scheint auch noch das Chlor zu den unentbehrlichen Elementen zu gehören. Von fast allen diesen Nährstoffen kennt man ganz bestimmte physiologische Funktionen, die sie im Pflanzenkörper verrichten.

Es liegt schon in dem Begriffe der adjektiven Bezeichnung dieser Nährstoffe, daß es nicht möglich ist (wenigstens nicht in Bezug auf die höheren Gewächse), eins dieser Elemente durch ein anderes, wenn auch ähnliches, völlig zu ersetzen.*)

Außer diesen unentbehrlichen Nährstoffen mit bestimmten Funktionen giebt es noch zwei Elemente — Natrium, Kieselsäure — die, wenn sie auch für das Gedeihen der Pflanzen nicht gerade absolut notwendig sind, dasselbe doch unter Umständen günstig beeinflussen. Man bezeichnet diese Elemente daher als nützliche Stoffe.

Alle anderen in den Pflanzen häufiger vorkommenden Elemente sind von untergeordneter Bedeutung für das Pflanzenleben.**)

Es ist selbstverständlich, daß alle Nährstoffe, die wir soeben kennen gelernt haben, nicht als Elemente, sondern nur in Form chemischer Verbindungen und zwar meist als Salze von den Pflanzen aufgenommen werden.

Es könnte noch die Frage aufgeworfen werden, auf welche Weise man zur Erkenntnis des verschiedenen Wertes der einzelnen Mineralstoffe für die Pflanzen gelangt ist, da doch die chemische Analyse derselben, wie oben erwähnt wurde, darüber keine Auskunft giebt, und es mag deshalb kurz erwähnt werden, daß man zu diesem Zwecke die Methode der künstlichen Ernährung der Pflanzen benutzt, indem man Pflanzen in künstlichen Nährmitteln kultiviert, deren Gehalt an den einzelnen Nährstoffen genau bekannt ist. Will man nun ein Element auf seine Entbehrlichkeit resp. Unentbehrlichkeit untersuchen, so läßt man es in der Nährlösung fehlen und beobachtet, ob die Pflanzen zur normalen Entwickelung gelangen oder nicht. Selbstverständlich müssen aber bei solchen Versuchen verschiedene Vorsichtsmaßregeln streng beachtet werden, auf die näher einzugehen, hier zu weit führen würde.

*) Die ebenso interessante wie praktisch wichtige Frage, ob und inwieweit aber eine teilweise Ersetzung dieser unentbehrlichen Nährstoffe durch andere bisher als nützlich oder indifferent angesprochene Stoffe möglich ist, ist zwar vielfach ventiliert aber noch nicht endgültig gelöst. Es läßt sich aber nicht leugnen, daß manche über diesen Punkt angestellte Untersuchungen zu Resultaten geführt haben, die darauf hindeuten, daß es thatsächlich der Fall ist.

**) Auf Grund von Arbeiten Wolff's nimmt man an, daß auch andere Mineralstoffe als wie diejenigen, die infolge der Ausübung bestimmter Funktion dem pflanzlichen Organismus zur Entwickelung absolut unentbehrlich sind, unter Umständen für das Gedeihen der Pflanzen von Wichtigkeit sein können.

Die atmosphärische Luft, das Wasser, der Boden, Licht und Wärme und ihre Bedeutung für die Landwirtschaft.

Die atmosphärische Luft. Mit atmosphärischer Luft bezeichnet man die unseren Erdball umgebende Gashülle.

Sie ist ein Gemisch verschiedener Gase und zwar besteht sie im wesentlichen aus Stickstoff und Sauerstoff*), denen wechselnde Mengen Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Salpetersäure, salpetrige Säure (letztere beiden gewöhnlich an Ammoniak gebunden) und, je nach lokalen Verhältnissen, auch noch andere Stoffe beigemengt sind. Als Körper übt die atmosphärische Luft einen Druck auf die an der Erdoberfläche befindlichen Körper aus, den wir nur darum für gewöhnlich nicht wahrnehmen, weil er auf alle Körper und nach allen Richtungen mit gleicher Stärke wirkt. Wir vermögen diesen Druck aber mit Hilfe des Barometers zu messen. Nimmt man als mittleren Barometerstand 760 mm an, so bedeutet dieses, daß der Luftdruck dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht zu halten vermag. Hieraus läßt sich unter Berücksichtigung des specifischen Gewichtes des Quecksilbers berechnen, daß der Druck der Atmosphäre auf 1 qcm $1,_{0337}$ kg beträgt. Durch zahlreiche und genaue Untersuchungen hat man erkannt, daß der Gehalt der Luft an Stickstoff und Sauerstoff überall konstant ist. Derselbe beträgt, bezogen

auf 100 Raumteile Luft		auf 100 Gewichtsteile Luft:
$79,_{04}$ Raumteile Stickstoff	resp.	$76,_{675}$ Gewichtsteile Stickstoff
$20,_{93}$ „ Sauerstoff	„	$23,_{278}$ „ Sauerstoff.

Als durchschnittlichen Gehalt an Kohlensäure kann man annehmen:

$0,_{03}$ % Raumteile resp. $0,_{046}$ % Gewichtsteile.

Um eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wieviel von den Hauptbestandteilen der Luft in der Gesamt-Atmosphäre enthalten ist, hat man berechnet, daß der Gehalt an Stickstoff 80160 Billionen Ctr., an Sauerstoff 24270 Billionen Ctr. und an Kohlensäure durchschnittlich $50,_{5}$ Billionen Ctr. beträgt. Die Luft ist von mannigfacher Bedeutung für das Gesamt-Leben in der Natur. Hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Pflanzenwelt interessiert sie uns zumeist als Nährstoffquelle, doch übt sie auch sonst noch wichtige Verrichtungen aus, wie die Besprechung ihrer einzelnen Bestandteile zeigen wird.

Der **Sauerstoff**, das verbreitetste aller Elemente, ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas mit äußerst charakteristischen Eigenschaften. Es vermag sich direkt mit den meisten anderen Elementen zu vereinigen. Man hat den Sauerstoff früher auch Feuerluft oder Lebensluft genannt und dadurch seine Eigenschaften charakterisiert. Die Verbrennung brennbarer Körper an der Luft ist eine Oxydationserscheinung, d. h. sie beruht auf einer Vereinigung mit Sauerstoff. Bringen wir eine brennende Kerze in einen von der Außenluft abgesperrten Raum, so erlischt sie, nachdem sie den ihr zur Verfügung stehenden Sauerstoff aufgezehrt hat. Menschen und Tiere ersticken, wenn ihnen der zum Leben nötige Sauerstoff mangelt, und dieses ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die tierische Atmung lediglich ein Oxydationsprozeß ist. Aus dem Umstande, daß auch die Pflanzen atmen, geht schon allein die Unentbehrlichkeit des Sauerstoffs auch für die Pflanzenwelt hervor.

*) Die neuerdings in der Luft entdeckten Elemente Argon, Crypton 2c. mögen hierdurch nur kurz erwähnt sein, da sie uns für unsere Zwecke vorläufig nicht weiter interessieren.

Und in der That, sperren wir lebende Pflanzen längere Zeit vom Sauerstoff ab, so sterben sie, ebenso wie das Tier, den Erstickungstod.

Der Eintritt des Sauerstoffs in den Chemismus der Zelle ist daher notwendig, um die lebendige Substanz im Zustande normaler Thätigkeit zu erhalten und Umsetzungen zu verhüten, welche die Lebensthätigkeit zerstören. Als direkter Nährstoff ist jedoch der freie Sauerstoff nicht zu betrachten. Diesen schöpft die Pflanze aus anderen Quellen, so aus der Kohlensäure, dem Wasser und den sauerstoffhaltigen Salzen. Daß bei der Atmung Wärme erzeugt und Kohlensäure ausgeatmet wird, sei nur beiläufig erwähnt.

Wie der Sauerstoff für die Erhaltung der lebenden Körper notwendig ist, so ist seine Anwesenheit erforderlich, um die dem Tode verfallenen Pflanzen und Tierkörper wieder zu zerstören und dem Kreislauf der Stoffe einzufügen — für die Verwesung. — Wenn wir ferner noch darauf hinweisen, daß der Sauerstoff auch an den Verwitterungsvorgängen, durch die den Pflanzen zugängliche Nährstoffe geschaffen werden, in hervorragendem Grade beteiligt ist, so dürfte aus allem seine große Bedeutung im Haushalte der Natur zur Genüge hervorgehen.

Damit aber der Sauerstoff für die Atmung tauglich ist, ist es nötig, daß derselbe den Pflanzen und Tieren in einer gewissen Verdünnung geboten wird, so daß seine stark oxydierenden Eigenschaften gemäßigt werden. Hierzu dient in der Luft der Stickstoff.

Der Stickstoff ist wie der Sauerstoff ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Er ist ein sehr indifferenter Körper, d. h. er zeigt wenig Neigung, sich an chemischen Umsetzungen zu beteiligen. Direkt vermag er sich nur mit wenigen Elementen zu verbinden.

Er besitzt keine ihn besonders kennzeichnenden Eigenschaften, wenn man nicht den Mangel hieran als besonderes Charakteristikum auffassen will. Aus der Besprechung des Sauerstoffs ging schon hervor, daß der Stickstoff weder die Verbrennung noch die Atmung zu unterhalten vermag. Man hat ihn daher auch früher als „verdorbene Luft" bezeichnet und noch sein jetziger Name deutet auf diese Eigenschaft hin. Für das Pflanzenleben ist er aber von großer Bedeutung, als einer der wichtigsten Nährstoffe. Inwieweit nun aber der freie atmosphärische, also der elementare Stickstoff hierfür in Betracht kommt, darüber sind die Forschungen noch nicht abgeschlossen.

Nach dem heutigen Stande unseres Wissens müssen wir annehmen, daß von den höheren Kulturpflanzen nur eine beschränkte Zahl, nämlich die Familie der Papilionaceen, den elementaren Stickstoff direkt unter Beihilfe von Mikroorganismen zu verwerten vermag.

Indirekt kommt der atmosphärische Stickstoff aber allen Pflanzen zu gute. Sehen wir ganz davon ab, daß ja schließlich aller gebundene Stickstoff auf Erden in letzter Linie der Atmosphäre entstammt, so können wir den direkten Nachweis erbringen, daß fortwährend atmosphärischer Stickstoff in gebundener Form in den Erdboden gelangt und den Pflanzen nutzbar gemacht wird. Vornehmlich geschieht dieses durch zwei Vorgänge, durch die Thätigkeit niederer Organismen und durch die Elektricität. Läßt man einen elektrischen Funken anhaltend durch feuchte Luft schlagen, so entstehen Stickstoffsäuren durch direkte Vereinigung der in der Luft enthaltenen Elemente Stickstoff und Sauerstoff, und wir sind daher berechtigt anzunehmen, daß auch die in der Luft vorhandenen Stickstoffsäuren (Salpetersäure und salpetrige

Säure) ebenfalls unter dem Einflusse der Elektricität entstanden sind Andere noch nicht sicher erwiesene Bildungsweisen mögen hier unerwähnt bleiben. Um einen Anhaltspunkt darüber zu gewinnen, wieviel Salpetersäure auf diese Weise in den Boden gelangt, sei bemerkt, daß der Gehalt des Regenwassers an Salpetersäure im allgemeinen zwischen $0_{,5}$—2 mgr pro Liter schwankt. Auf die Fixierung des elementaren Stickstoffes durch niedere Organismen werden wir später ausführlicher zu sprechen kommen.

Außer diesen Stickstoffsäuren kommt, wie schon erwähnt, auch noch Ammoniak in der Luft vor; und zwar kann man pro 100 cbm Luft durchschnittlich $2_{,2}$ mgr desselben annehmen. Dieses Ammoniak entstammt aber zum weitaus größten Teil, wenn nicht ausschließlich, den am Erdboden stattfindenden Fäulnisprozessen, sodaß eine direkte Beteiligung des atmosphärischen Stickstoffs an seiner Entstehung auf keinen Fall von Bedeutung ist. Der Gehalt des Regenwassers an Ammoniak ist schwankend. Durchschnittlich sind 1—2 mgr im Liter enthalten.

Welche Mengen Stickstoff gelangen nun aus den in der Atmosphäre enthaltenen Stickstoffverbindungen auf den Acker? Diese Frage ist vielfach von Versuchsstationen untersucht und dahin beantwortet worden, daß dem Boden alljährlich pro ha 14 kg Stickstoff in Form von Salpetersäure und von Ammoniak durch die atmosphärischen Niederschläge zugeführt werden. Nach anderen Angaben soll dagegen diese Menge nur $2_{,7}$—$3_{,6}$ kg betragen. Diese letzteren Beobachtungen sind in Japan, resp. England gemacht worden.

Die K o h l e n s ä u r e ist als eine Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff (als CO_2) in der Luft enthalten und müßte daher richtiger als Kohlenstoffdioxyd oder Kohlensäureanhydrid bezeichnet werden. Sie stellt ein farbloses Gas dar, besitzt einen schwach säuerlichen Geruch und Geschmack und ist dasselbe Gas, welches wir bei der Gärung zuckerhaltiger Flüssigkeiten so oft wahrzunehmen Gelegenheit haben. Sie entsteht stets bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanzen, bei der Fäulnis und Verwesung sowie beim Atmungsprozeß. An manchen Orten entströmt sie direkt der Erde.

Der Gehalt der Luft an Kohlensäure ist, wie schon angedeutet, schwankend und abhängig von örtlichen und zeitlichen Verhältnissen.

Über dem Meere ist der Kohlensäuregehalt geringer, als über dem Lande, in der Höhe größer, als dicht über dem Boden. Die Bodenluft ist reich an Kohlensäure. Während der Nacht ist die Luft meist etwas kohlensäurereicher als am Tage. Auch die Witterungsverhältnisse üben einen Einfluß auf den Kohlensäuregehalt der Luft aus.

Eine örtliche Anreicherung findet statt in geschlossenen Räumen, sowie in Industriestädten. Eine örtliche Verminderung kann durch die Vegetation hervorgerufen werden. Es ist beobachtet, daß die Luft über einem dicht bestandenen Felde etwas kohlensäureärmer ist als über Brachland.

Als Produkt einer vollständigen Verbrennung ist die Kohlensäure nicht brennbar und vermag auch nicht die Verbrennung der meisten anderen Körper zu unterhalten. Aus dem gleichen Grunde ist sie auch nicht zum Atmen geeignet, da ja auch die Atmung als ein Verbrennungsprozeß aufzufassen ist. Für das Pflanzenleben ist sie aber in mehrfacher Beziehung außerordentlich wichtig. Einmal als Nährstoffquelle.

Dieses läßt sich durch einen einfachen Versuch leicht veranschaulichen. Stellen wir uns einen künstlichen Nährboden her, der frei von jeglicher Kohlenstoffverbindung ist (stark ausgeglühte Erde erfüllt denselben Zweck), sonst aber mit allen notwendigen

Nährstoffen versehen, ist und ziehen darauf Pflanzen, z. B. Hafer, so werden wir beobachten, daß sich die Pflanzen ungeschwächt entwickeln, obwohl ihnen keine andere Kohlenstoffquelle zur Verfügung steht als die Kohlensäure der atmosphärischen Luft. Dieser Versuch ist äußerst lehrreich, denn er zeigt uns erstens, daß die betreffenden Pflanzen ihren gesamten Kohlenstoffbedarf aus der Luft zu decken vermochten und zweitens, daß die betreffenden Pflanzen im stande waren, lediglich aus anorganischen Stoffen organische Substanz zu erzeugen. In ganz derselben Weise wie der Hafer verhalten sich alle anderen grünen, also chlorophyllhaltigen Gewächse, und so liefert uns dieser Versuch zugleich einen Gegenbeweis gegen die Humustheorie, nach welcher der kohlenstoffreiche Humus die ausschließliche Kohlenstoffquelle der Pflanzen sein sollte.

Die soeben erwähnte Fähigkeit aller grünen Gewächse, aus anorganischem Material organische Substanz zu erzeugen, bezeichnet man im allgemeinen mit Assimilation und versteht darunter speciell denjenigen Prozeß, durch welchen in der chlorophyllhaltigen Zelle durch die Chlorophyllkörper und aus den Elementen der Kohlensäure (CO_2) und des Wassers (H_2O) unter Mitwirkung von Licht und Wärme und unter Ausscheidung von Sauerstoff organische Substanz entsteht.

Chemisch läßt sich dieser Vorgang in folgender Weise ausdrücken:

$$CO_2 + H_2O = CH_2O + 2O.$$

Hieraus geht hervor, 1. daß die Elemente des Wassers bei der Assimilation verbraucht werden, 2. daß genau soviel Sauerstoff abgeschieden wird, als in der verarbeiteten Kohlensäure enthalten war und 3. daß als erstes organisches Produkt die Verbindung CH_2O entsteht. Diese Gruppe CH_2O heißt Formaldehyd und geht durch Polymerisierung unter dem Einfluß der Chlorophyllkörner in eine Zuckerart — Glykose — $C_6H_{12}O_6$ oder in Stärke ($C_6H_{10}O_5$) über. Die Assimilation ist also, wie die Formel weiter zeigt, im Gegensatz zur Atmung ein Reduktionsprozeß.

Weiter auf das Wesen der Assimilation und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben einzugehen, können wir unterlassen, da die Assimilation an anderer Stelle dieses Buches näher erörtert werden wird. Hier sei nur noch kurz an ihre allgemeine Bedeutung erinnert, die darin beruht, daß durch die Assimilation die für das Leben der Organismen notwendigen Stoff- und Energieformen erzeugt werden, sodaß sie eine der Grundbedingungen für das Leben aller Organismen ist.

Es könnte noch die Frage aufgeworfen werden, ob denn die verhältnismäßig geringe Kohlensäuremenge der Luft als ausschließliche Kohlenstoffquelle für die gesamte Vegetation ausreichend ist. Diese Frage kann unbedingt bejaht werden, und es mag noch darauf hingewiesen werden, daß die der Luft durch die Pflanzen entzogene Kohlensäure immer wieder ersetzt wird durch die Prozesse der Atmung, Verwesung und Verbrennung und durch die dem Erdinnern fortwährend entströmende Kohlensäure. Mit ihrer Rolle als Nährstoffquelle ist aber die Bedeutung der Kohlensäure für die Pflanzenwelt nicht erschöpft, sie dient der Pflanze im Boden fernerhin als Lösungsmittel für viele Pflanzennährstoffe und übt außerdem noch einen wirksamen Einfluß auf den Verwitterungsprozeß aus.

Das Wasser ist nicht minder wichtig und unentbehrlich für alle belebten Wesen, und ein jeder Landwirt hat wohl schon Gelegenheit gehabt — besonders in dürren Jahren — seine Bedeutung ermessen zu lernen.

Und eben diesem Umstande, daß seine Bedeutung so sehr leicht sinnlich wahrnehmbar ist, dürfte es zuzuschreiben sein, daß über die Unentbehrlichkeit des Wassers für das Leben schon bei den Naturphilosophen des Altertums kein Zweifel herrschte.

War demnach die Wichtigkeit des Wassers auch bekannt, so waren doch seine Funktionen keineswegs erkannt und es wurde vielfach in seiner Bedeutung überschätzt. Dieses läßt sich am einfachsten durch Anführung der Thatsache beweisen, daß noch im 16. Jahrhundert von van Helmont angenommen wurde, daß die gesamte Pflanzenmasse durch Verdichtung des Wassers entstände.

Wenn wir aber nunmehr im folgenden einen Blick auf die Verrichtungen werfen, die das Wasser innerhalb und außerhalb des Pflanzenkörpers ausübt, so werden auch wir nicht anstehen, seine absolute Notwendigkeit für das Leben zuzugeben.

Die Rolle, die dem Wasser als Nährstoff zukommt, haben wir bereits bei der Besprechung der Assimilation kennen gelernt, wo wir sahen, daß seine Elemente Wasserstoff und Sauerstoff zum Aufbau der organischen Substanz direkte Verwendung finden.*) Damit aber der Assimilationsprozeß überhaupt vor sich gehen kann, ist außer derjenigen Wassermenge, die zur Zerlegung gelangt, noch eine weitere Wassermenge nötig, denn die chlorophyllhaltige Zelle kann, wie alle anderen lebenden Zellen, ihre Thätigkeit nur dann ausüben, wenn sie einen gewissen Wasserreichtum besitzt, weil das Protoplasma, der eigentliche Träger des Lebens, ohne einen gewissen Wassergehalt keine Lebensthätigkeit zu äußern vermag. Ferner dient das Wasser als Lösungs- und Transportmittel innerhalb und außerhalb des pflanzlichen Organismus. Innerhalb desselben, um die an einem Orte erzeugten oder abgelagerten Baustoffe anderen Orten zuzuführen, außerhalb desselben, um den Pflanzen die festen Nährstoffe, die sie nur im aufgelösten Zustande aufzunehmen vermag, zugänglich zu machen. Da nun aber das in die Pflanzen eintretende Wasser verhältnismäßig sehr arm an Nährstoffen ist, so müssen sehr große Mengen den Pflanzenkörper passieren, um ihn mit den zu seinem Aufbau nötigen Nährsalzen zu versehen. Dieses ermöglicht die Transpiration, wodurch das zuströmende Wasser von den Pflanzen immer wieder in Gasform ausgeschieden wird, während die in ihm gelösten Stoffe als nichtflüchtige Körper in den Pflanzen verbleiben. Durch die Transpiration werden die Wurzeln, durch die fast ausschließlich das Wasser in die Pflanzen gelangt, veranlaßt, immer neue Wassermengen aufzunehmen.

Welche allgemeine Bedeutung die Transpiration der Pflanzen für den Ackerbau besitzt, möge durch folgende Zahlen erläutert werden.**)

Man hat berechnet, daß von einer gewöhnlichen Halmfrucht während der Vegetationsperiode pro ha bis über 4 Millionen kg Wasser transpiriert werden können und daß diese Menge bei blattreicheren Gewächsen noch größer ist. Dem gegenüber gelangen durch die atmosphärischen Niederschläge — unter Annahme einer durchschnittlichen jährlichen Regenhöhe von 700 mm für Deutschland — 7 Millionen kg Wasser alljährlich pro ha auf die Erde. Es ist ersichtlich, daß unter diesen Verhältnissen sehr leicht der Fall eintreten kann, daß die während der Vegetationszeit fallende Regenmenge nicht ausreichend ist, die durch die Transpiration verbrauchte

*) Der Gehalt an Wasserstoff in den Pflanzen entstammt fast ausschließlich dem Wasser.

**) Bei der großen Abhängigkeit der Transpiration von vielen äußeren Einflüssen und in Anbetracht dessen, daß dieselbe Regenmenge unter verschiedenen klimatischen- und Boden-Verhältnissen ganz ungleich ausgenutzt wird, können die nachfolgenden Angaben natürlich keinen anderen Zweck verfolgen, als einen ungefähren Einblick in diese Verhältnisse zu gewähren.

Wassermenge zu ersetzen und es erwächst daraus für den Landwirt die Aufgabe, sich auf jeden Fall durch geeignete Bodenbearbeitung die Winterfeuchtigkeit möglichst nutzbar zu machen. Daß auch das Wachstum der Pflanzen an sich mit einer Wasseraufnahme verbunden ist, sei nur noch kurz erwähnt.

Was ist nun das Wasser? Das Wasser ist eine chemische Verbindung zweier an und für sich gasförmiger Elemente, des Wasserstoffs und des Sauerstoffs. Seine Formel ist H_2O. Dieselbe besagt, daß zwei Teile (Atome) des gasförmigen Wasserstoffs mit einem Teile (Atom) des ebenfalls gasförmigen Sauerstoffs zu einem Teil (Molekül) des flüssigen Wassers chemisch verbunden sind. Dem Gewichte nach enthält es $88,_{89}$ % Sauerstoff und $11,_{11}$ % Wasserstoff. Von seinen Eigenschaften interessieren uns nur die physikalischen. Daß das Wasser uns in der Natur in drei verschiedenen Aggregatzuständen, als flüssiger, fester (Eis, Schnee) und gasförmiger (Dampf) Körper entgegentritt, daß es bei jeder Temperatur verdampft und unter gegebenen Verhältnissen als Regen, Schnee 2c. wieder zur Erde gelangt, daß es als Auflösungsmittel für viele Körper der Pflanzenernährung wichtige Dienste leistet, daß das Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt und daß es ein schlechter Wärmeleiter ist, alles dieses ist so bekannt, daß ein bloßer Hinweis hierauf genügen dürfte. Es ist aber vielleicht doch angebracht, auf die allgemeine Bedeutung der letzten beiden Punkte noch das Augenmerk zu lenken. Dadurch, daß das Wasser beim Übergang in den festen Zustand ein größeres Volum einnimmt, trägt es neben seinem Lösungsvermögen viel zur Verwitterung (Zersetzung und Zertrümmerung) der Gesteine und damit zur Lockerung und Aufschließung des Bodens bei. Auf die schlechte Wärmeleitung des Wassers ist es zurückzuführen, daß der Schnee die Wintersaaten vor dem Erfrieren schützt, und dieselbe Eigenschaft, in Verbindung mit der Ausdehnung des Wassers beim Übergang in den festen Zustand (wodurch es also specifisch leichter wird), verhindert, daß die Brunnen, Bäche, Flüsse bis auf den Grund einfrieren.

Eine weitere Eigenschaft des Wassers ist, daß es von allen Körpern zur gleichen Erwärmung die größte Wärmemenge erfordert, und hierauf beruht es, daß ein trockener Boden sich viel leichter erwärmt als ein feuchter, und daß ein nasser Boden zugleich ein kalter Boden ist. Das auf der Erdoberfläche vorkommende Wasser ist natürlich niemals chemisch rein, sondern enthält je nach der Beschaffenheit der Bodenschichten, mit denen es längere oder kürzere Zeit in Berührung war, verschiedene Stoffe in verschiedener Menge in Lösung. Durch die Art und Menge der gelösten Bestandteile wird der Charakter des Wassers, und soweit es zur Düngung benutzt wird (Bewässerung der Wiesen), seine pflanzenernährende Kraft bedingt.

Das Meerwasser enthält vornehmlich Chlornatrium (Kochsalz), das Fluß- und Quellwasser Kalksalze gelöst. Kalkreiche Wässer nennt man harte Wässer im Gegensatz zu den weichen Wässern, welche weniger Kalksalze enthalten. Die meteorischen Wässer haben wir bereits kennen gelernt, sie sind die chemisch reinsten aller natürlich vorkommenden Wässer und enthalten meist nur geringe Mengen Stickstoffverbindungen.

Dem Boden ist ein besonderes Kapitel in diesem Werke gewidmet, und indem wir darauf verweisen, können wir an dieser Stelle davon Abstand nehmen, auf diesen wichtigen Gegenstand näher einzugehen.

Wir wollen uns daher auf eine kurze Übersicht über die Art des Vorkommens der wichtigsten Pflanzennährstoffe im Boden beschränken, nachdem wir diejenigen, die uns die Luft und das Wasser bietet, bereits kennen gelernt haben.

1. Das **Kalium** (K) findet sich in der Natur allgemein verbreitet in Form verschiedener Salze:

a) In Verbindung mit Kieselsäure, als Silikat, namentlich im Feldspat und Glimmer, ist es ein Hauptbestandteil vieler Gesteine.

b) In Verbindung mit Salpetersäure als Nitrat (KNO_3). Das salpetersaure Kalium ist zwar nirgends in größerer Menge vorhanden, kommt jedoch immer in der Ackerkrume vor. Es entsteht überall da, wo stickstoffhaltige organische Substanzen in Gegenwart von Kali verwesen.

c) Als Chlorkalium (KCl) bildet es den Sylvin und in Verbindung mit Chlormagnesium den Carnallit ($KCl, MgCl_2 + 6 H_2O$); ferner ist es im sog. Hartsalz enthalten.

d) Als schwefelsaures Salz (K_2SO_4) ist es im Alaun (eine Verbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kalium), namentlich aber im Kainit, Polyhalit und Krugit enthalten. Kainit besteht aus Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat und Magnesiumchlorid (K_2SO_4, $MgSO_4$, $MgCl_2 + H_2O$). Polyhalit ($2 CaSO_4$, $MgSO_4$, $K_2SO_4 + H_2O$) und Krugit ($4 CaSO_4$, $MgSO_4$, $K_2SO_4 + H_2O$) sind zusammengesetzt aus Calcium-, Magnesium- und Kaliumsulfat. Hartsalz, Carnallit, Sylvin, Kainit, Polyhalit, Krugit sind Bestandteile der Staßfurter Abraumsalze.

2. Das **Natrium** (Na) ist in der Natur sehr verbreitet und zwar zumeist als Chlornatrium ($NaCl$) in Form von Kochsalz (Steinsalz). In Verbindung mit Kieselsäure findet es sich in vielen Mineralien (Albit oder Natronfeldspat, Andesin, Oligoklas etc.). Als Nitrat, Natronsalpeter ($NaNO_3$), bildet es in warmen, trockenen Gegenden, so in den regenlosen Pampas von Flora, Chile und Bolivia mächtige Lager.

3. Das **Calcium** (Ca) gehört zu den auf der Erdoberfläche am meisten verbreiteten Elementen und kommt in Verbindung mit verschiedenen Säuren vor:

a) Als kohlensaurer Kalk, Calciumcarbonat ($CaCO_3$). (Kalkstein, Marmor, Kreide.) Auch der Mergel enthält kohlensauren Kalk.

b) Als schwefelsaurer Kalk, Calciumsulfat ($CaSO_4$). (Gyps, Alabaster).

c) Als phosphorsaurer Kalk, Calciumphosphat ($Ca_3 P_2O_8$). (Apatite, Phosphorite, Phosphate).

d) Als Fluorcalcium ($CaFl_2$) im Flußspat.

e) Als kieselsaurer Kalk in vielen Mineralien (Labrador, Augit, Hornblende etc.).

4. Das **Magnesium** (Mg) ist ebenfalls viel verbreitet und kommt (oft in Gemeinschaft mit dem Calcium) u. A. in folgenden Verbindungen vor:

a) Als Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$) im Magnesit und im Gemenge mit kohlensaurem Kalk im Dolomit.

b) Als Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) im Kieserit ($MgSO_4 + H_2O$). Ferner als Bittersalz ($MgSO_4 + 7 H_2O$) häufig vorkommend. Vergl. auch Kainit etc. (1 d).

c) Als Magnesiumchlorid ($MgCl_2$) vergl. Carnallit (1 c).

d) Als Silikat für sich (Olivin, Serpentin, Talk, Meerschaum etc.) und im Verein mit anderen kieselsauren Verbindungen (Augite, Hornblenden).

5. Das **Eisen** (Fe) ist in sehr vielen Mineralien enthalten und findet sich außerdem in Form verschiedener Erze, z. B. als Magneteisenstein (Eisenoxyduloxyd) Fe_3O_4; Eisenglanz, Roteisenstein (Eisenoxyd) Fe_2O_3, Brauneisenstein, Raseneisenstein (Eisenoxydhydrate), Spateisenstein (kohlensaures Eisenoxydul) $FeCO_3$, Schwefelkies (Schwefeleisen) FeS_2 etc.

6. Phosphor (P) ist in Form von phosphorsauren Salzen, besonders als Kalksalz, allgemein verbreitet (z. B. im Apatit, sowie in den Coprolithen, Guanosorten, Knochen 2c.).

7. Der Schwefel (S) kommt in Schwefelmetallen (Kiese [siehe unter 5], Blenden, Glanze) sowie in Form von schwefelsauren Salzen vielfach vor. Siehe 1d 3b 4b.

8. Das Chlor (Cl). Vergleiche 1c, 2, 4c.

9. Die Kieselsäure (SiO_2) haben wir bereits in manchen ihrer Verbindungen kennen gelernt. Vergleiche 1a, 2, 3e, 4d. Auch kommt dieselbe im unverbundenen Zustande vielfach in der Natur vor: so als Quarz, Kiesel, Sandstein, Bergkrystall etc. —

Daß die Nährstoffelemente, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, die bereits weiter oben bei der Besprechung der Luft und des Wassers Erwähnung fanden, sich auch noch im Boden vorfinden, ist selbstverständlich und bedarf keiner weiteren Erwähnung.

So findet sich der Wasserstoff in Form organischer Verbindungen, Sauerstoff, Stickstoff außerdem noch in Form von Salzen vor. Der Kohlenstoff kommt außer in diesen Bindungsformen auch noch frei für sich vor.

Licht und Wärme. Wir haben im Vorigen die Stoffe kennen gelernt, aus denen die Pflanze ihren Körper aufbaut und verschiedentlich erwähnt, daß jener so ungemein wichtige Prozeß der Umwandlung unorganischer Stoffe in organische Substanz durch die grüne Pflanze nur unter gleichzeitiger Mitwirkung von Licht und Wärme vorsichgehen kann.

Im Folgenden soll nur kurz dargelegt werden, worin dieser so hervorragende Einfluß von Licht und Wärme besteht und welcher Art ihre Beteiligung an diesem Prozeß ist. Hierzu ist angebracht, daß wir uns zunächst in kurzen Zügen sowohl das Wesen von Licht und Wärme, als auch dasjenige des Assimilationsprozesses, soweit es für unsern Zweck nötig ist, vergegenwärtigen.

Während man früher Licht und Wärme als etwas Stoffliches ansah, nimmt man jetzt an, daß dieselben lediglich als Bewegungserscheinungen der Materie aufgefaßt werden müssen.

Licht und Wärme sind ihrem Wesen nach identisch, beide stellen Formen einer Kraft dar und sind als verschiedene Äußerungen der nämlichen Grundursache anzusehen. Das Licht entsteht nach der jetzt geltenden Undulations- oder Vibrationstheorie durch äußerst feine Schwingungen (Vibrationen) der Moleküle der leuchtenden Körper. Diese Schwingungen werden durch den Äther, worunter man eine sehr feine Materie versteht, welche sowohl den Weltenraum als auch die Poren anderer Körper erfüllt, fortgepflanzt und rufen in dem Auge die Empfindung des Lichtes hervor.

Die dunklen Wärmestrahlen sind, abgesehen davon, daß sie in unserem Auge nicht die Empfindung des Lichtes erzeugen, in allen ihren anderen Erscheinungen den Lichtstrahlen ähnlich und unterscheiden sich von diesen nur durch geringere Vibrationsgeschwindigkeit und größere Wellenlänge.

Hinsichtlich des Assimilationsprozesses haben wir bereits kennen gelernt, daß sich derselbe durch folgende Gleichung ausdrücken läßt: $CO_2 + H_2O = CH_2O + 2\ O$ und konnten hieraus folgern, daß derselbe als ein Reduktionsprozeß angesehen werden muß. Wenn wir den direkt entgegenlaufenden Prozeß ins Auge fassen, d. h. wenn wir den Prozeß der Oxydation oder Verbrennung der organischen Substanz betrachten, bei welchem als Endprodukte wiederum Kohlensäure und Wasser auftreten, so wissen

wir, daß derselbe unter Aufnahme von Sauerstoff und Freiwerden von Wärme, — die je nach den Umständen, unter welchen dieser Prozeß verläuft, teils als solche oder in Form einer anderen Kraft z. B. als Bewegung auftritt, — von statten geht. Es wird also eine Kraft bei diesem Prozesse frei. Fragen wir uns nun, woher denn diese Kraft stammt, so werden wir auf Grund unserer Kenntnis von dem Wesen des chemischen Prozesses nicht anstehen, dieselbe als einen Ausfluß des bei der Oxydation sich abspielenden chemischen Prozesses, bei welchem die chemische Spannkraft (Affinität) zwischen der organischen Substanz und dem Sauerstoff ihren Ausgleich gefunden hat, anzusprechen. Wenn wir uns nun aber weiter daran erinnern, daß die Verbindungen, aus denen die organische Substanz gebildet wurde, die Kohlensäure und das Wasser, vor ihrer Verwandlung in dieselbe als zwei vollkommen gesättigte chemische Verbindungen ohne irgend welche chemische Spannkräfte dem Sauerstoff gegenüber vorhanden waren, so ist es ersichtlich, daß irgend eine Kraft vorhanden gewesen sein muß, die ihre Affinitäten dem Sauerstoff gegenüber wieder in den Zustand der chemischen Spannung, wenn wir uns einmal so ausdrücken wollen, versetzte und es wird unsere Aufgabe sein, derjenigen Kraft, die diese Umwandlung, diese chemische Arbeit vollführte, nachzuspüren.

Sehen wir uns zu diesem Zwecke die für das Zustandekommen des Assimilations-Prozesses notwendigen Faktoren — die grüne Pflanzenzelle, die Kohlensäure, das Wasser, das Licht und die Wärme — daraufhin an, und denken daran, daß es experimentell bewiesen ist, daß unter Ausschluß von Licht und Wärme die assimilatorische Thätigkeit nicht möglich ist, so ist es klar, daß die gesuchte Kraftquelle, welche die assimilatorische Arbeit leistet, außerhalb der grünen Pflanzenzelle liegen muß und nur in dem Lichte oder in der Wärme, die wir beide bereits als Kraftformen kennen gelernt, enthalten sein kann. Als Quelle des Lichtes und der Wärme kommt aber für uns lediglich die Sonne, die uns durch ihre Strahlen beides sendet, in Betracht, denn eine einfache Überlegung wird uns zeigen, daß die den Pflanzen innewohnende Eigenwärme zur Vollführung der in Rede stehenden Arbeitsleistung nicht geeignet ist.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns zunächst zur Genüge, daß die Wärme dadurch, daß sie in eine andere Kraftform übergeht, Arbeiten der verschiedensten Art zu vollziehen vermag, aber wir wissen auch bestimmt, daß nicht die Wärme eines Körpers an und für sich zur Arbeitsleistung herangezogen werden kann, sondern, daß nur derjenige Teil dazu befähigt ist, welcher als Temperaturdifferenz zwischen zwei Körpern vorhanden ist.

Hieraus folgt aber, daß die Eigenwärme der Pflanzen für besagten Zweck nicht in Frage kommt, da die Pflanzen infolge ihrer ganzen Einrichtung und ihres Lebensprozesses eher zur Abkühlung als zur Erwärmung neigen und im allgemeinen nicht wärmer sind als die sie umgebenden Medien.*)

Es liegt demnach auf der Hand, daß von allen Faktoren nur noch die Sonnenstrahlen die Fähigkeit besitzen können, die assimilatorische Thätigkeit der Pflanzen zu veranlassen und daß dieses in der That der Fall ist, ist vielfach experimentell nachgewiesen. So läßt sich z. B. zeigen, daß ein direkter Zusammenhang zwischen der Intensität der Bestrahlung und der Energie des Assimilationsprozesses besteht.

---

*) Selbstverständlich ist aber die Wärme trotzdem eine durchaus notwendige Bedingung für das Zustandekommen des Assimilationsprozesses. Ein bestimmtes Wärmemaß ist hierzu, wie zu jeder Lebensthätigkeit erforderlich.

Es ist aber weiter nachgewiesen, daß nicht alle Strahlen der Sonne für die Assimilationsthätigkeit von gleicher Bedeutung sind und daß besondere Strahlen (die roten, orangen und gelben) hierfür am wichtigsten sind.*) Da sich nun die verschiedenen Strahlengattungen durch die verschiedene Art ihrer Schwingung von einander unterscheiden, so giebt uns diese Thatsache die Möglichkeit, uns eine Vorstellung über ihren Einfluß auf den Assimilationsprozeß zu machen.

Wir können uns denken, daß durch eine ganz bestimmte Schwingungsart der Ätherwellen die Moleküle des Wassers, der Kohlensäure und des Chlorophyllkornes in einen gewissen eigentümlichen Zustand von schwingender Bewegung versetzt werden, durch welchen sodann die Bildung von organischer Substanz unter Abscheidung von Sauerstoff herbeigeführt wird. Die aktuelle Energie der Sonnenstrahlen wird bei der Assimilation in die potentielle Energie der gebildeten organischen Substanz umgesetzt, und diese potentielle Energie wird bei der Verbrennung der organischen Substanz, wo auch immer sie stattfinden mag, ob im tierischen oder im pflanzlichen Organismus, ob unter dem Dampfkessel ausgelöst und wieder in aktuelle Energie übergeführt.

Aus dieser so überaus wichtigen Rolle, die das Sonnenlicht bei dem soeben erläuterten Assimilationsprozeß der grünen Pflanzen spielt, lassen sich leicht die weitgehendsten Konsequenzen hinsichtlich seiner absoluten Unentbehrlichkeit für die Existenz der gesamten organischen Schöpfung ziehen, wenn man bedenkt, daß an den Assimilationsprozeß, an die Schaffung organischer Substanz aus anorganischem Material, das Leben aller Organismen gebunden ist. Auf die übrigen Verrichtungen der Sonnenstrahlen außerhalb der pflanzlichen Zelle, auf den durch sie bewirkten Kreislauf des Wassers und der Luft sei nur kurz verwiesen. Auch ihr (direkter und indirekter) Einfluß auf die Verwitterung möge hierdurch erwähnt sein.

II. Über die Düngung.

Begriff und Zweck der Düngung. — Bedingungen für eine rationelle Düngung. — Feststellung des Düngungsbedürfnisses.

Durch die vorstehenden Ausführungen sind wir mit den allgemeinen Wachstumsbedingungen für die Pflanzen bekannt geworden und haben auch die für das Leben derselben erforderlichen Nährstoffe kennen gelernt. Bei dieser Gelegenheit

*) Bekanntlich gehen von der Sonne sehr verschiedene Strahlen, teils sichtbare, teils unsichtbare, aus, die sich durch verschiedene Wellenlänge und Schwingungsdauer und die dadurch bedingte Brechbarkeit in lichtbrechenden Medien unterscheiden. Unter den sichtbaren Strahlen des Spektrums (rot, orange, gelb, grün, blau, violett) besitzen die roten die größte, die violetten die kleinste Wellenlänge und Schwingungsdauer. Mit der verschiedenen Brechbarkeit, resp. der verschiedenen Wellenlänge und Schwingungsdauer, hängt auch die verschiedene Wirkung der einzelnen Strahlengattungen zusammen. Die brechbarsten Strahlen, die violetten und ultravioletten, zeichnen sich durch besondere chemische Wirkungen aus, die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit rufen auf unserer Netzhaut am meisten Lichtempfindung hervor und die am wenigsten brechbaren, die roten und die ultraroten, besitzen die größte Wärmewirkung.

haben wir ferner gesehen, daß die Pflanze genötigt ist, die meisten Nährstoffe ausschließlich dem Boden zu entnehmen, und daß die Nährstoffe in dem Boden in geeigneter Form vorhanden sein müssen, um von den Pflanzen aufgenommen werden zu können. Es wird nun häufig der Fall eintreten können, daß der Boden, sei es durch seine natürliche Zusammensetzung oder durch die ihm zu Teil gewordene wirtschaftliche Behandlung bedingt, nicht im stande ist, den Pflanzen die zu einer normalen Ernte nötigen Mengen irgend eines Nährstoffes zu liefern und es wird sodann an den Landwirt die Aufgabe herantreten, diesem Mangel dadurch abzuhelfen, daß er dem Boden die notwendigen Nährstoffe zuführt — daß er düngt.

Aber der Landwirt muß seinen Boden nicht nur düngen, um denselben gegebenenfalls ertragsfähig zu machen oder die Ertragsfähigkeit desselben zu erhalten, sondern er wird auch oft darauf bedacht sein müssen, die Ertragsfähigkeit seiner Felder soweit wie möglich zu steigern.

Wenn aber der Landwirt düngt, so muß er in allen diesen Fällen rationell düngen, d. h. er muß danach trachten, mit den geringsten Mitteln die größtmöglichsten Wirkungen zu erzielen. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß es wirtschaftlich durchaus falsch wäre, wollte der Landwirt unter allen Umständen lediglich auf einen möglichst großen Mehrertrag hinarbeiten; er muß vielmehr stets die Rentabilität der Düngung im Auge behalten und versuchen, durch dieselbe zu möglichst hohem Reingewinn zu gelangen.*)

Vom agrikulturchemischen Standpunkte aus sind zur Erreichung dieses Zieles vor allem folgende Punkte von Wichtigkeit und zu berücksichtigen:

1. Das Gesetz vom Minimum.
2. Das Nährstoff- und Düngungsbedürfnis der Pflanzen, sowie die Fruchtfolge.
3. Der Gehalt des Bodens an Pflanzennährstoffen.
4. Der Gehalt der verschiedenen Düngemittel an Pflanzennährstoffen.
5. Die Ausnutzungsfähigkeit der einzelnen Düngemittel durch die verschiedenen Pflanzen, sowie ihre Wirkungsweise, um unter gegebenen Verhältnissen die geeignetste Nährstoffform möglichst nutzbringend anwenden zu können und die Zeit der Anwendung.
6. Die physikalische Bodenbeschaffenheit.
7. Die richtige Stärke der Düngung.

Diese Punkte sollen hier im allgemeinen kurz besprochen werden. Im spec. Teil wird sich öfter Gelegenheit bieten auf die praktische Nutzanwendung derselben hinzuweisen.

1. Das Gesetz vom Minimum läßt sich unmittelbar ableiten aus den uns schon bekannten Thatsachen von der Unentbehrlichkeit und Unvertretbarkeit und daher in Bezug auf die Ernährung Gleichwertigkeit der einzelnen Pflanzennährstoffe. Wir wissen, daß wir Pflanzen nur dann zur vollkommenen Entwickelung zu bringen vermögen, wenn wir sie in einem Medium ziehen, in dem alle Nährstoffe in genügender Menge und geeigneter Form vorhanden sind. Fehlt nur ein einziger Nährstoff oder ist er in für die vollkommene Ernährung der Pflanzen unzureichender Menge vorhanden, so werden sich die Pflanzen garnicht oder nur kümmerlich entwickeln, mögen alle andern Wachstumfaktoren auch noch so günstig gestaltet sein. Denn der Mindergehalt von den einem Nährstoffe kann nicht ausgeglichen werden durch den

*) Aus naheliegenden Gründen kann auf die wirtschaftliche Seite dieses Gegenstandes hier nicht näher eingegangen werden.

Überfluß aus einem anderen, weil eben kein Nährstoff einen andern in seiner Wirkung zu vertreten vermag.*) Völlig normale Pflanzen werden wir erst dann erhalten, wenn wir den fehlenden oder in zu geringer Menge vorhandenen Nährstoff dem Medium in ausreichender Weise zuführen.

Denken wir uns weiter ein Nährmedium, welches den auf ihm gezogenen Pflanzen genau soviel von allen Nährstoffen zu liefern vermag, als sie zur Ernährung bedürfen, so werden wir unter diesen Verhältnissen zu durchaus normalen Pflanzen gelangen. Wollen wir nun aber die Pflanzenproduktion durch stärkere Ernährung erhöhen, so wird uns dieses nicht oder nur unvollkommen gelingen, wenn wir nur den einen oder anderen oder auch alle Nährstoffe bis auf einen einzigen den Pflanzen in erhöhtem Maße verabfolgen, sondern wir werden unser Ziel nur dann erreichen, wenn wir alle Nährstoffe gleichzeitig vermehren. Durch diese Ausführungen haben wir bereits das Gesetz vom Minimum erörtet, welches eben besagt: daß das Wachstum und die Produktion an Pflanzenmasse reguliert wird durch denjenigen Nährstoff, welcher im Verhältnis zu den übrigen in geringster Menge (im Minimum) vorhanden ist. Bei der außerordentlichen Wichtigkeit dieses Gesetzes erscheint es mir nicht unangebracht das eben gesagte noch durch ein von Heinrich angegebenes Beispiel, welches das Gesetz vom Minimum sehr treffend illustriert, zu ergänzen:

Angenommen ein Boden enthalte:

Kali . . .	hinreichend	für	30	Ctr. Roggen
Kalk . . .	"	"	50	" "
Phosphorsäure	"	"	25	" "
Stickstoff . .	"	"	15	" "

so würde der Boden nur 15 Ctr. Roggen in der Ernte liefern, gleichgültig, ob man ihn mit Phosphorsäure, Kalk oder Kali oder auch garnicht düngt; düngt man dagegen mit reichlich Stickstoff allein, dann wird der Ertrag bis zu 25 Ctr. gesteigert werden können. Um jetzt noch weitere Steigerung herbeizuführen, müßte neben Stickstoff gleichzeitig auch noch mit Phosphorsäure gedüngt werden; dann erst kann ein Ertrag bis zu 30 Ctr. erreicht werden u. s. w.

Man sieht, wie wichtig die Beachtung des Gesetzes vom Minimum und seiner Konsequenzen für die Praxis ist, und wie nutzlos eine falsche Düngung unter Umständen sein kann. Damit eine Düngung mit einem Nährstoffe voll zur Wirkung gelangt, ist es daher nötig, daß auch alle übrigen Nährstoffe in ausreichender Menge im Boden vorhanden sind.

Die Beurteilung dieses Umstandes setzt natürlich eine genaue Kenntnis des betreffenden Bodens voraus. Ist diese nicht vorhanden, so muß sie durch entsprechende Versuche erworben werden und wir werden sogleich sehen, in welcher Weise dies geschehen kann.

Im Vorigen haben wir das Gesetz vom Minimum nur in Bezug auf die Pflanzennährstoffe angewandt, weil der Landwirt ihre Regulierung im Boden am meisten in der Hand hat.

Aber wir haben schon früher erwähnt, daß das Wachstum und Gedeihen der Pflanzen nicht nur durch die Gegenwart von Nährstoffen bedingt wird, sondern auch

*) Nach neueren Untersuchungen scheint es allerdings, als ob das Natron imstande wäre, Kali bis zu einem gewissen Grade zu vertreten.

noch von sonstigen Wachstumsfaktoren (Licht, Wärme, Wasser) abhängig ist. Infolgedessen bedarf auch das Gesetz vom Minimum, wie wir es soeben besprochen haben, einer Erweiterung, und wir werden demselben nunmehr folgende Fassung geben müssen:

Das Wachstum der Pflanzen ist abhängig von derjenigen Wachstumsbedingung, welche den Pflanzen im Verhältnis zu den übrigen in geringster Menge zu Gebote steht.

Es folgt hieraus natürlich, daß der Landwirt darauf Bedacht nehmen muß, auch diese Wachstumsbedingungen, so weit es in seiner Macht steht, für die Pflanzen möglichst günstig zu gestalten. Es liegt in der Natur der Dinge, daß der Landwirt die Regulierung einiger Wachstumsbedingungen (z. B. Licht, Wärme, Wasser 2c.) garnicht oder nur im beschränkten Maße in der Hand hat, aber es wird aus den Kapiteln über Bodenbearbeitung und Bodenbestellung hervorgehen, wie auch diese Wachstumsbedingungen zum Teil und bis zu einem gewissen Grade günstiger gestaltet werden können.

Es sei noch besonders betont, daß eine rationelle Bodenbehandlung von hoher Bedeutung für die Wirkung einer Düngung ist, und daß durch eine zweckentsprechende Bestellung, sowie sorgsame Pflege der Pflanzen, die Rentabilität einer intensiven Düngung wesentlich gehoben werden kann. Es ist jedoch hier nicht der Ort auf diese Gegenstände näher einzugehen.

2. Das Nährstoff- und Düngungsbedürfnis der Pflanzen. Man könnte im ersten Augenblick geneigt sein anzunehmen, daß das Düngungsbedürfnis einer Pflanze bedingt wäre durch ihr Nährstoffbedürfnis, d. h. daß solche Pflanzen die relativ reich an Kali oder an Stickstoff 2c. sind, auch in betreff dieser Nährstoffe besonders hohe Ansprüche an den Gehalt der Böden an disponiblen Nährstoffen stellen, in der Weise, daß die kalireichen Pflanzen einen an leicht aufnehmbaren Kaliverbindungen reichen Boden verlangen 2c. Diese Annahme, die auch früher allgemein verbreitet war, ist jedoch nicht zutreffend, und man weiß jetzt, daß zwischen dem Nährstoffgehalt der Pflanzen und ihrem spec. Düngerbedürfnis keinerlei direkte Beziehungen vorhanden sind.

Einige Beispiele mögen dies erläutern.

Durch eine Ernte (Stroh und Körner) mittlerer Höhe werden dem Boden pro ha von nachstehenden Gewächsen ungefähr folgende Nährstoffmengen entzogen:*)

Futterrüben	260,0	kg Kali	Roggen	52,0	kg Kali
Zuckerrüben	150,0	" "	Weizen	38,0	" "
Kartoffeln	100,0	" "	Hafer	59,0	" "
Erbsen	50,0	" "	Gerste	36,0	" "
Lupinen	53,0	" "			

Wir ersehen hieraus, daß die kalireichen Rüben und Kartoffeln sehr viel mehr Kali zur Erzeugung einer normalen Ernte gebrauchen und dem Boden entnehmen, als die übrigen angeführten Pflanzen. Aber trotz ihres hohen Kalibedürfnisses und der dadurch bedingten Anforderung, welche die Rüben und die Kartoffeln an den absoluten Nährstoffvorrat des Bodens stellen, reagieren sie oft nicht mit der Sicherheit und Intisität auf eine Kalidüngung wie z. B. die Lupinen und auch einige Halmfrüchte, obgleich diese letzteren an den absoluten Kaligehalt des Bodens weit geringere

*) Ausführlichere Angaben finden sich am Schlusse dieses Buches.

Ansprüche stellen, wie obige Zusammenstellung zeigt. Dieses unterschiedliche Verhalten der Kulturpflanzen können wir uns nur durch die Annahme erklären, daß die verschiedenen Kulturpflanzen eine verschiedene Fähigkeit besitzen, sich die Nährstoffe des Bodens anzueignen.

Daß dieses thatsächlich der Fall ist, geht u. A. aus Versuchen Wagners hervor, nach welchen verschiedene Getreidearten bei einer kalifreien Düngung auf demselben Boden und unter sonst gleichen Verhältnissen folgende Mengen an Trockensubstanz produzierten:

	Lehmboden	Sandboden
Hafer	150 %	96 %
Sommerroggen	64 „	35 „
Weizen	62 „	43 „
Gerste	45 „	19 „

Der Hafer hat also die Kaliverbindungen des Bodens weit besser auszunutzen vermocht als z. B. die Gerste.

Ein weiteres Beispiel für die Verschiedenheit des Nährstoff- und Düngebedürfnisses der Pflanzen bieten uns die Leguminosen. In einer mittelhohen Ernte nachstehender Pflanzen sind an Stickstoff enthalten:

Halmfrüchte	60 kg	Feldbohnen	200 kg
Kortoffeln	75 „	Rotklee	150 „
Zuckerrüben	75 „	Luzerne	250 „
Raps	100 „		

Die Leguminosen (hier Bohnen, Klee, Luzerne) enthalten also vielmehr Stickstoff als die angeführten Halmfrüchte und Hackfrüchte. Trotzdem beanspruchen sie keine Stickstoffdüngung (weil ihnen der atmosphärische Stickstoff zur Verfügung steht), während die Kartoffeln, der Raps und auch die Halmfrüchte einer Stickstoffdüngung benötigen.

Durch die vorstehenden Ausführungen sind wir befähigt scharf zu unterscheiden zwischen dem Nährstoff- und Düngerbedürfnis. Wir haben gesehen, daß eine Pflanze, welche reich an einem Nährstoffe ist, kein besonderes Düngerbedürfnis für diesen Nährstoff zu besitzen braucht, und daß es andererseits Pflanzen giebt, die der Zufuhr eines bestimmten Nährstoffes bedürfen, trotzdem derselbe in ihren Ernten in nicht besonders hohem Maße enthalten ist.

Das Düngerbedürfnis einer Pflanze ist u. A. abhängig von ihrer größeren oder geringeren Fähigkeit die Nährstoffe des Bodens aufzunehmen, das Nährstoffbedürfnis ist der Ausdruck des größeren oder geringen absoluten Gehaltes der Pflanzen an einem bestimmten Nährstoff und daher der absoluten Menge, welcher in einer Ernte enthalten ist.

Es sind verschiedene Versuche über das Düngerbedürfnis der Pflanzen angestellt worden, aus denen hervorgeht, daß das Düngerbedürfnis der Kulturpflanzen u. A. abhängig ist von dem Verhältnis zwischen dem Stoffgehalte des Bodens und der Ernte, von dem zeitlichen Verlaufe der Stoffaufnahme und der quantitativen Ausbildung des Wurzelsystems während derselben.

Diese Untersuchungen sind jedoch noch nicht für alle Kulturpflanzen streng durchgeführt, und es muß deshalb von weiteren Mitteilungen hier Abstand genommen werden.

Im spec. Teile dieser Abhandlungen werden wir jedoch auch auf diese Verhältnisse zurückgreifen müssen.

Die Berücksichtigung des verschiedenen Düngerbedürfnisses der Kulturpflanzen ist eine wichtige Forderung einer rationellen Düngung, und man wird im allgemeinen nicht fehl gehen, wenn man die anzubauenden Pflanzen stets mit demjenigen Nährstoff düngt, für welchen sie das größte Bedürfnis haben.

3. *Der Gehalt des Bodens an Pflanzennährstoffen.* Wenn wir uns die allgemeine Frage vorlegen, auf welche Stoffe wir bei einer rationellen Düngung Rücksicht zu nehmen haben, so müssen wir zunächst das Verhältnis zwischen dem Nährstoffgehalt des Bodens und dem Verbrauch durch die Pflanzen kurz besprechen. Es liegt auf der Hand, daß das Vorkommen der einzelnen Pflanzennährstoffe in den verschiedenen Böden sehr variabel ist. Auch wird der Gehalt der Pflanzen an Nährstoffen von mancherlei Umständen beeinflußt, sodaß hier vorweg bemerkt sein mag, daß es im allgemeinen nur unter Beobachtung großer Vorsicht und unter Berücksichtigung aller einschlägigen Verhältnisse angängig ist aus dem durch die Ernten entnommenen Nährstoffmengen weitergehende Rückschlüsse auf den Nährstoffgehalt des Bodens zu ziehen.

Daß man sich vor allem hüten muß, aus der Menge der durch eine Ernte dem Boden entnommenen Nährstoffe auf seinen absoluten Gehalt an disponiblen Nährstoffen zu schließen, wird eine einfache Überlegung zeigen. Gesetzt, es wäre einem Boden durch eine mittlere Weizenernte von 80 dz. Körner und Stroh pro ha 30 kg Phosphorsäure entzogen, so besagt dieses keinesweg, daß nun in dem Boden 30 kg aufnehmbarer Phosphorsäure vorhanden waren; denn, wenn in einem Boden nur 30 kg Phosphorsäure pro ha vorhanden wären, so würden wir unfehlbar eine ganz geringe Ernte mit sehr niedrigem Phosphorsäuregehalt erzielen. Und dieses kann nicht anders sein, wenn man bedenkt, daß doch die Wurzeln immer nur mit einer beschränkten Anzahl Bodenpartikelchen zusammentreffen können und infolgedessen nie die gesamte Nährstoffmenge des Bodens ausnutzen können. Dieses gilt besonders für diejenigen Nährstoffe, welche, wie die Bodenphosphorsäure, durch ihre geringe Löslichkeit im Boden wenig beweglich sind und daher unbedingt direkt mit dem Pflanzenwurzeln in Berührung kommen müssen, um aufgenommen zu werden.*)

Im allgemeinen läßt sich nun hinsichtlich der wichtigsten Pflanzennährstoffe folgendes sagen:

Sauerstoff steht den Pflanzen in genügender Weise sowohl zum Zwecke der Athmung, als auch als Nährstoff, in der Atmosphäre resp. dem Wasser und den Sauerstoffsalzen zur Verfügung.

Wasserstoff. Die Hauptquelle des Wasserstoffs ist das *Wasser*, welches auch als solches für die Bildung von Pflanzensubstanz von hoher Bedeutung ist. Hinsichtlich des Wassers sei auf die vorstehenden Ausführungen verwiesen.

Kohlenstoff. Die Pflanzen entnehmen den Kohlenstoff fast ausschließlich der Kohlensäure der Atmosphäre, deren Gesamtgehalt an Kohlenstoff, wie wir schon früher gesehen haben circa 50,5 Billion Ctr. beträgt und nur geringen Schwankungen unterliegt. Durch eine Kulturpflanze wird pro ha und Jahr circa 2000 kg Kohlenstoff verbraucht. Ohne auf die vielfach angestellten Berechnungen näher einzugehen, die

*) Auch wird die zugeführte Düngung selbst unter den günstigsten Verhältnissen niemals völlig aufgenommen. Nach Märcker nehmen Pflanzen von 100 Teilen der Düngung höchstens folgende Mengen auf: Vom Stickstoff 50 bis 60 Teile, vom Kali 40 bis 50 Teile, von der Phosphorsäure 30 bis 40 Teile. Selbstverständlich verhalten sich aber verschiedene Pflanzen in dieser Beziehung verschieden.

darthun sollen, daß sich der Kohlensäureverbrauch durch die Pflanzen und die durch die weiter oben besprochenen Processe neu entstehenden Kohlensäuremengen das Gleichgewicht halten, läßt sich doch mit Bestimmtheit sagen, daß der Kohlensäuregehalt der Luft vollkommen ausreicht, das Kohlenstoffbedürfnis der Pflanzen zu befriedigen. Der Landwirt kann die Kohlenstoffzufuhr in Hinblick auf die Ernährung unterlassen, jedoch darf er aus anderen Gründen gegen eine Bereicherung seines Bodens an Kohlenstoffverbindungen, oder mit anderen Worten an Humus, nicht gleichgültig sein, da der genügende Gehalt eines Bodens an Humus eine wichtige Fruchtbarkeitsbedingung ist. Denn ganz abgesehen von der Bedeutung des Humus als Nährstoffquelle, wird durch denselben die physikalische Beschaffenheit des Bodens wesentlich verbessert, die Erwärmung desselben eine günstigere und die Wasserkapacität erhöht. Dadurch, daß bei der Zersetzung des Humus Kohlensäure entsteht, wird die Verwitterung der Gesteine befördert, und werden die Nährstoffe den Pflanzen leichter zugänglich gemacht.

Stickstoff. Mit Ausnahme der Leguminosen, welche bekanntlich den freien Stickstoff der Atmosphäre aufzunehmen vermögen, stellen alle anderen Kulturpflanzen ziemlich hohe Anforderungen an den Stickstoffgehalt des Bodens. So wird z. B. dem Boden pro ha und Jahr durch eine mittlere Gesamternte von:

Halmfrüchten . . .	60 kg Stickstoff	Raps	100 kg Stickstoff
Kartoffeln	75 „ „	Tabak	100 „ „
Zuckerrüben . . .	75 „ „	Wein	40 „ „
Futterrüben . . .	110 „ „		

entzogen.

Wir haben nun schon weiter oben gesehen, daß der Zuschuß, den der Boden an Stickstoff aus der Atmosphäre empfängt verhältnismäßig gering ist, und es liegt auf der Hand, daß auch die in den Ernterückständen dem Boden verbleibenden Stickstoffmengen nicht ausreichend sein können, um den Stickstoffbedarf der nächsten Ernte zu decken. Somit sind die Pflanzen auf den ursprünglichen Gehalt des Bodens an Stickstoffverbindungen angewiesen. Der durchschnittliche Stickstoffgehalt eines normalen Bodens beträgt $0,_{1}$ bis $0,_{15}$ %.

Hiervon ist aber der größte Teil in Form humoser und anderer organischer Verbindungen vorhanden und somit für die Pflanzen nicht direkt aufnehmbar.

Da nun diese organischen Verbindungen verschieden leicht zersetzbar sind, und ihre Umwandlung wiederum von manchen äußeren Umständen, wie z. B. Klima, Witterung, Bodenbeschaffenheit abhängig ist, so ist es äußerst schwierig den Stickstoffgehalt des Bodens richtig zu bewerten.

Um ein Bild darüber zu geben, in welcher Weise man versucht hat, dieses zu thun, mögen hier die diesbezüglichen Ansichten einiger französischer Forscher Platz finden.

Risler und Colomb fanden, daß ein Kulturboden durchschnittlich $0,_{1}$ % Gesamtstickstoff enthält (wir nehmen, wie erwähnt, für einen normalen Boden $0,_{1}$ bis $0,_{15}$ % Stickstoff an). Hinsichtlich der Verteilung des Stickstoffs im Boden haben sie festgestellt, daß die Mengen desselben mit zunehmender Tiefe abnehmen, eine Beobachtung, die von den Engländern Lawes und Gilbert in Rothamstedt bestätigt wurde. Teilen wir nun mit ihnen den Gesamtstickstoffgehalt eines Bodens in zwei Gruppen, in den nicht unmittelbar assimilierbaren, organischen Stickstoff, den Reservevorrat, und in den aktiven Stickstoffvorrat, welcher sich hauptsächlich aus Ammoniak-

salzen und Nitraten zusammensetzt, während der erstere aus Wurzelrückständen ꝛc. stammt, so entfällt von dem in obigen Zahlen ausgedrückten Durchschnittsgehalt unserer Kulturböden, der weitaus größte Teil in die erste Gruppe d. h. er ist organischer Natur und somit vor der Hand physiologisch unwirksam, während nur ein verhältnismäßig geringer Teil als Ammoniak- oder Nitratstickstoff angesprochen werden darf.

Nach Ansicht genannter Autoren steht den Pflanzen von dem ganzen Bodenvorrat etwa nur der 40. Teil im aufnahmefähigen Zustande zur Verfügung, oder mit anderen Worten, wenn ein Boden 1 ‰ Gesamtstickstoff enthält, und das Bodengewicht von 1 ha Erde 4 000 000 kg beträgt (angenommen 1 cbm Erde wiegt 1333 kg und die Ackerkrume ist 30 cm tief), so sind von den 4000 kg Stickstoff, die überhaupt vorhanden sind, nur höchstens 100 kg im nitrificierten Zustande anwesend.

Ein anderer französischer Forscher, Schloesing, nimmt an, daß von dem gesamten Vorratsstickstoff alljährlich nur 2 % in Salpeter und Ammoniakstickstoff umgewandelt wird. Wiegt daher die Ackerkrume 4 000 000 kg pro ha, und enthält sie 4000 kg (1 ‰) Gesamtstickstoff, so würde diese Summe jährlich 80 kg Nahrungsstickstoff liefern.

Es ist selbstverständlich, daß man diesen Angaben keine allgemeine Bedeutung beimessen darf und zwar abgesehen von anderen Gründen schon deshalb nicht, weil der Verlauf des Nitrifikationsprocesses u. A. viel zu sehr von der Beschaffenheit der verschiedenen Böden abhängig ist.

Soviel steht aber fest, die meisten unserer heimischen Kulturböden besitzen nicht denjenigen Vorrat an leicht assimilierbarem Stickstoff, welchen unsere Kulturpflanzen und besonders diejenigen bedürfen, welche, wie z. B. die Halmgewächse, infolge ihrer kurzen Vegetationszeit ein relativ großes Bedürfnis für schnell aufnehmbaren Stickstoff besitzen, um eine Ernte zu liefern, wie wir sie heutzutage verlangen.

Der Landwirt wird daher bei der Düngung auf den Stickstoff sein besonderes Augenmerk zu richten haben.

Phosphorsäure. Die Kulturpflanzen enthalten stets beträchtliche Mengen Phosphorsäure, und zwar findet sie sich zumeist in den Körnern aufgespeichert. So besteht nach Wolff die Asche der Roggen- und Weizenkörner zur Hälfte aus Phosphorsäure, während in der Asche der übrigen Pflanzenteile selten mehr als 5 bis 16 % vorkommen.*) Durch eine Gesamt-Ernte mittlerer Höhe werden dem Boden alljährlich pro ha folgende Phosphorsäuremengen entnommen.

Halmfrüchte	30 kg	Heu	20 kg
Kartoffeln	30 „	Rotklee	40 „
Zuckerrüben	35 „	Luzerne	60 „
Erbsen	30 „	Raps	50 „
Feldbohnen	50 „	Tabak	25 „
Futterrüben	40 „	Wein	20 „
Lupinen	30 „		

Im Boden findet sich die Phosphorsäure zwar in verschiedener, meist aber geringer Menge vor. Ein normaler Ackerboden enthält ungefähr $0,_{10}$ bis $0,_{15}$ % Phosphorsäure.

*) Hinsichtlich des Gehaltes der Pflanzen an Aschenbestandteilen vergleiche man die am Schlusse des Buches befindlichen Tabellen.

Nehmen wir nun wiederum an, daß die Ackerkrume bis 30 cm Tiefe pro ha 4 000 000 kg wiegt, so würde der angegebene Gehalt einer Phosphorsäuremenge von 4000 bis 6000 kg entsprechen. Als arm an Phosphorsäure bezeichnen wir diejenigen Böden, welche $0{,}_{05}$ % Phosphorsäure, also 2000 kg Phosphorsäure pro ha enthalten, ein Gehalt, von dem man annehmen sollte, daß er für viele Ernten völlig ausreichend sein müßte. Wir wissen jedoch, daß sich auf einem solchen Boden durch eine Phosphorsäuredüngung bedeutende Ertragssteigerungen erzielen lassen. Um diesen scheinbaren Widerspruch zu verstehen, müssen wir uns des eingangs dieses Kapitels über die Stoffaufnahme Gesagten erinnern und daran denken, daß gerade die Phosphorsäure meist in sehr schwer löslicher Form im Boden vorhanden ist und wegen dieser Schwerlöslichkeit auch im Boden äußerst schwer beweglich, in ihm gleichsam festgelegt ist.

Hieraus erklärt sich auch, daß die Phosphorsäure im Boden von den Pflanzen ungleich schwerer aufgefunden und aufgenommen werden kann als diejenigen Nährstoffe, welche vermöge ihrer leichteren Löslichkeit im Boden weit gleichmäßiger verteilt sind und zudem den Pflanzenwurzeln in Form ihrer Lösungen weit zugänglicher sind.

Thatsächlich wird daher auch der Boden bei ungenügendem Ersatz an Phosphorsäure sehr bald ausgeraubt, und es ist auch in der Praxis genugsam bekannt, daß sich der Phosphorsäuremangel bei mangelhafter Düngung bald bemerkbar macht und zwar in der Weise, daß der Körnerertrag zurückgeht, denn wir wissen, daß gerade die Körner einer großen Phosphorsäuremenge zu ihrer vollkommenen Ausbildung bedürfen.

Der Landwirt hat daher gegebenen Falls auf eine Phosphorsäuredüngung in erster Linie mit Rücksicht zu nehmen.

Kali. Das Kali kommt in den Pflanzen ebenfalls in bedeutenden Mengen vor und macht oft die Hälfte des Gewichtes der Pflanzenasche aus.

Besonders findet es sich in blattreichen Gewächsen in größerer Menge. Die Kartoffeln und Rüben haben wir bereits als spec. Kalipflanze kennen gelernt. Nachstehende Tabelle zeigt, welche Mengen dem Boden durch eine Gesamt-Ernte pro ha und Jahr entzogen werden:

Halmfrüchte	50 kg	Heu	90 kg
Kartoffeln	110 „	Rotklee	125 „
Zuckerrüben	150 „	Luzerne	150 „
Futterrüben	250 „	Raps	90 „
Erbsen	50 „	Tabak	115 „
Feldbohnen	125 „	Wein	70 „
Lupinen	60 „		

Wir können dieser Zusammenstellung entnehmen, daß das Kali durchschnittlich in erheblicherem Maße dem Boden entnommen wird als die Phosphorsäure, aber es kommt auch in verhältnismäßig größeren Mengen vor und ist — was wichtig ist — leichter beweglich im Boden als diese. Infolgedessen tritt auch ein Kalimangel weniger leicht ein, als ein solcher an Phosphorsäure.

Der Gehalt des Bodens an Kali, schwankt wie der an den übrigen Nährstoffen, innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Der mittlere Gehalt eines normalen Bodens beträgt $0{,}_{15}$ bis $0{,}_{25}$ % Kali.

Die besseren Bodenarten pflegen durchschnittlich einer regelmäßigen Kalizufuhr nicht zu bedürfen, während die Sand- und vorzüglich die Moorböden ohne eine entsprechende Kalidüngung meist rentabel nicht bewirtschaftet werden können.

Im übrigen wird sich die Anwendung der Kalidüngung ganz nach den wirtschaftlichen Verhältnissen zu richten haben. Jedenfalls wird aber der Landwirt auch dem Kali seine volle Aufmerksamkeit zuwenden müssen, um sich vor event. beträchtlichen Schaden zu schützen.

Kalk kommt in den Pflanzen in geringeren Mengen vor als Kali. Es findet sich vorzüglich in den Blättern abgelagert. Die Leguminosen sind spec. Kalkpflanzen, d. h. sie lieben einen kalkreichen Boden. Der Gehalt des Bodens an Kalk variiert sehr, ist jedoch unter gewöhnlichen Fällen ausreichend genug, um eine Düngung mit Kalk als Nährstoff unnötig zu machen. Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, daß Fälle bekannt sind, wo selbst auf direkten Kalkböden sich eine Düngung mit Kalk als notwendig erwiesen hat, weil diese Böden an den Pflanzen leicht zugänglichen Kalkverbindungen gänzlich verarmt waren.

Eine Gesamt-Ernte mittlerer Höhe entzieht dem Boden pro ha und Jahr folgende Mengen an Kalk.

Halmfrüchte	15 kg	Heu	50 kg
Kartoffeln	15 „	Rotklee	140 „
Zuckerrüben	35 „	Luzerne	250 „
Futterrüben	30 „	Raps	120 „
Erbsen	45 „	Tabak	100 „
Feldbohnen	50 „	Wein	45 „
Lupinen	30 „		

Aber aus anderen Gründen wird eine Kalkung des Bodens oft angezeigt sein, da der Kalk sowohl in physikalischer wie chemischer Beziehung den Boden außerordentlich günstig beeinflußt.

Die bodenlockernden Eigenschaften des Kalk dürften genügsam bekannt sein, aber auch als Aufschließungsmittel für organische wie anorganische Bodenbestandteile, als Beförderer der Nitrifikation, als Entsäurungsmittel 2c. leistet er wichtige Dienste.

Die **Magnesia**, der **Schwefel** und das **Eisen** treten, obwohl unentbehrliche Nährstoffe, doch in praktischer Beziehung mehr in den Hintergrund, denn auf ihre Vermehrung im Boden braucht unter normalen Verhältnissen fast nie Bedacht genommen zu werden, da der Boden den minimalen Bedarf der Pflanzen an Eisen und Schwefel durchweg und den nicht bedeutenden Bedarf an Magnesia nur mit sehr wenigen Ausnahmen zu decken vermag.

Über den Verbrauch an diesen Stoffen vergleiche man die Tabellen am Schlusse des Buches.

4. Der Gehalt der Düngemittel an Pflanzennährstoffen ist bei ihrem Gebrauche natürlich wohl zu beachten, will man unnütze Ausgaben vermeiden, denn es ist selbstredend nicht dasselbe, ob man bei einer Phosphorsäuredüngung 1 Ctr. 20 %iges oder 1 Ctr. 15 %iges Superphosphat verwendet.

5. ist zu berücksichtigen, daß die verschiedenen Düngemittel je nach ihrer Löslichkeit von den Pflanzen verschieden schnell aufgenommen werden können und deshalb verschieden wirken müssen (so wirkt Chilisalpeter anders als Hornmehl 2c.), daß die Lözlichkeit der Pflanzennährstoffe abhängig ist außer von der Art der

verabreichten Düngemittel (die Phosphorsäure im Superphosphat ist leichter löslich als die im Knochenmehl ꝛc.), auch von der äußeren Beschaffenheit desselben (ob grob oder fein).

Ferner ist bei der Wahl der Düngemittel zu beachten, daß unter gewissen Verhältnissen rasch wirkende Düngemittel am Platze sind, während unter anderen Umständen die Anwendung solcher Düngemittel geboten ist, die eine langsam aber stetig fließende Nährstoffquelle liefern. Bei der Auswahl der Düngemittel müssen ferner etwaige schädliche Nebenwirkungen berücksichtigt werden. Auch ist die Zeit der Anwendung für die verschiedenen Düngemittel eine ganz verschiedene, um eine richtige Wirkung zu erzielen. Wir werden später auf diese hier kurz angedeuteten Punkte zurückzukommen haben.

6. Die physikalische und chemische Beschaffenheit der Ackererde spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei einer rationellen Düngung. Ganz abgesehen davon, daß durch eine gute Bodenkultur die Wirkung einer Düngung wesentlich befördert wird, ist zu bemerken, daß man unter sonst gleichen Verhältnissen flachgründigen Boden weniger stark zu düngen braucht als solchen mit tiefer Ackerkrume, um denselben Konzentrationsgrad bezügl. der Nährstoffe zu erzielen. Ferner richtet sich die Düngung nach der allgemeinen chemischen Beschaffenheit (ganz abgesehen vom Nährstoffgehalt) der Bodenarten. So wird man einen Moorboden oft anders zu düngen haben als Sandboden ꝛc.

7. Die richtig bemessene Stärke der Düngung ist für die Rentabilität einer Düngung natürlich von höchster Bedeutung, und es werden dabei alle vorstehend besprochenen Punkte vollauf Berücksichtigung finden müssen. Specielle Vorschriften lassen sich in Hinblick auf die große Verschiedenheit der wirtschaftlichen Verhältnisse hierfür überhaupt nicht erteilen. In den folgenden spec. Ausführungen wird aber der Landwirt manche Anhaltspunkte finden, wenn anders er es nicht vorzieht, sich durch besondere Versuche über diesen Punkt zu informieren.

Wir kommen nunmehr zu der wichtigen Frage: Wie erkennen wir, ob eine Düngung mit einem Nährstoffe notwendig ist? Die Beantwortung dieser Frage führt uns zu einer kurzen Besprechung der Methoden zur Feststellung des Düngungsbedürfnisses eines Bodens. Man hat vier Wege zur Erreichung dieses Zieles eingeschlagen, und versucht, demselben: a) durch die chemische Analyse des Bodens, b) durch die chemische Analyse der Ernteprodukte, c) durch Düngungsversuche in Vegetationsgefäßen, d) durch Felddüngungsversuche näher zu kommen.

Es würde weitläufiger, den Rahmen dieser Arbeit übersteigender Erörterungen bedürfen, um der Bedeutung der einzelnen Methoden gerecht zu werden, und wir wollen uns deshalb darauf beschränken nur den Felddüngungsversuch, der für den Landwirt allein praktische Anwendbarkeit besitzt, kurz zu besprechen. Die unter a bis c bezeichneten Methoden haben auch für den Landwirt praktisch insofern weniger Interesse, als sie nur in den Händen des erfahrenen und geübten Analytikers resp. Experimentators zu brauchbaren Resultaten führen können, und die Resultate oft nur eine bedingte Übertragung auf praktische Verhältnisse zulassen.

Will aber der Landwirt aus irgend einem Grunde von eigenen Düngungsversuchen Abstand nehmen, oder ist er über die dabei erhaltenen Resultate im Unklaren, so wende er sich an eine Versuchsstation um Rat, und beachte die weiter unten angegebenen Vorschriften über eine richtige Entnahme der eventl. einzusendenden Proben.

Die Anstellung von Felddüngungsversuchen sollte von dem Landwirt nicht unterlassen werden, denn abgesehen von der Belehrung, die er aus ihnen schöpfen kann, sind sie sehr wohl im stande, über bestimmte Düngungsfragen, über die Notwendigkeit und die Stärke einer Düngung, über die Rentabilität einer Düngungsweise 2c., Aufschluß zu gewähren. Aber es darf nicht verschwiegen werden, daß die durch den praktischen Felddüngungsversuch ermittelten Resultate nur eine lokale praktische Bedeutung besitzen, daß sich nur praktische Erfahrungs-Regeln aus ihm ableiten lassen. Bei der Komplikation der natürlichen Verhältnisse, unter denen der Felddüngungsversuch angestellt wird, ist es im allgemeinen nicht möglich, demselben eine andere, weitergehendere Bedeutung beizumessen.

Bei der Anstellung von exakten Düngungsversuchen sind folgende Punkte zu beachten:

1. Das Versuchsfeld muß eine möglichst ebene Lage und möglichst gleichartige chemische wie physikalische Bodenbeschaffenheit besitzen. Man thut am besten, wenn man das betreffende Versuchsstück schon im Mai oder Juni des dem Versuche vorhergehenden Jahres aussucht, da sich um diese Zeit herum, aus dem Stande der Vorfrucht, gute Anhaltspunkte für eine gleichmäßige Bodenbeschaffenheit gewinnen lassen.*)

2. Um etwaige Ungleichartigkeiten des Bodens möglichst auszugleichen, lege man die einzelnen Versuchsparzellen lang und schmal an. Als geeignete Größe jeder Parzelle wähle man je nach der größeren oder geringeren Gleichmäßigkeit des Feldes 1—5 a. Das Verhältnis zwischen Länge und Breite der einzelnen Parzellen sei nie enger, als 10 : 1. Wenn es angängig ist, schaffe man ein noch weiteres Verhältnis.

3. Die Bearbeitung der Parzellen muß eine durchaus gleichartige sein.

4. Bei Düngungsversuchen, durch welche man das Düngungsbedürfnis des Feldes für einen Nährstoff feststellen will, dünge man nur mit einseitigen Düngemitteln. Will man z. B. prüfen, ob das Feld einer Zufuhr von Phosphorsäure bedarf, so darf man die betreffenden „Phosphorsäure-Parzellen" nicht etwa mit Peruguano oder Ammoniaksuperphosphat oder Knochenmehl düngen, da diese Düngemittel außerdem noch Stickstoff enthalten.

Bei vergleichenden Versuchen über die Wirksamkeit verschiedener Formen ein und desselben Nährstoffes dünge man nie nach Maßgabe des Preises, sondern des Gehaltes des zu prüfenden Düngemittels. Es darf nicht vergessen werden, daß die Wirkung eines Nährstoffes nur dann voll zum Ausdruck gelangt, wenn auch alle übrigen Nährstoffe in genügender Menge vorhanden sind.

Auch darf nicht unterlassen werden, die Nachwirkung zu beobachten.

5. Für alle Parzellen sind die zu prüfenden Düngemittel einzeln abzuwägen und auf den betreffenden Parzellen durchaus gleichmäßig zu verteilen. Soll die Wirkung eines Düngemittels neben Stallmist beobachtet werden, so ist es zweckmäßig, den Stallmist quer über alle Parzellen auszubreiten und unterzupflügen, da sich so am besten die Ungleichmäßigkeiten ausmerzen lassen.

---

*) Es ist durchaus ratsam, daß alle Grenzen des Versuchsplanes mindestens 10 Meter von den Grenzen des Ackers entfernt sind.

Kies- oder Thonköpfe, nasse Stellen 2c. dürfen im Versuchsfelde selbstverständlich nicht vorkommen. Man stelle Düngungsversuche nie in nächster Nähe von Bäumen, Landstraßen sowie Häusern an.

6. Betreffs der Stärke der anzuwendenden Düngung (sofern die Versuche nicht direkt auf Ermittelung derselben gerichtet sind) gewähren die nachfolgenden Ausführungen, sowie die Tabellen am Schlusse dieses Buches Anhaltspunkte.

7. Auch die Aussaat muß auf allen Parzellen durchaus gleichmäßig erfolgen.

8. Ebenfalls muß auf die Auswahl der Versuchspflanzen Gewicht gelegt werden. Für besondere Düngungsfragen über die Wirkung eines bestimmten Nährstoffes verwende man solche Pflanzen, die für den betreffenden Nährstoff ein ausgesprochenes Düngungsbedürfnis besitzen. Es sei an dieser Stelle, unter Hinweis auf das früher (S. 25) über diesen Gegenstand Gesagte, daran erinnert, daß zwischen Nährstoff- und Düngungsbedürfnis der Pflanze wohl zu unterscheiden ist. So wäre es natürlich falsch, wollte man zur Feststellung des Stickstoffbedürfnisses eines Bodens Leguminosen als Versuchspflanzen wählen, da dieselben trotz ihres großen Stickstoffgebrauches keiner Stickstoffzufuhr durch Düngemittel bedürfen, infolge ihrer Fähigkeit, den Stickstoff der Luft verarbeiten zu können. Auf solche Eigenschaften der Pflanzen ist natürlich Rücksicht zu nehmen.

In einem späteren Kapitel, über die „Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen", werden wir in Bezug auf das Düngerbedürfnis der einzelnen Kulturpflanzen weitere Mitteilungen zu machen haben.

An dieser Stelle möge zur vorläufigen Orientierung über diesen Punkt folgende Tabelle dienen, in welcher Heinrich die einzelnen Kulturpflanzen und deren besondere Ansprüche an die einzelnen Nährstoffe zusammengestellt hat. Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe ist in der Uebersicht durch den Druck und die Reihenfolge gekennzeichnet.

Weizen: Stickstoff, Phosphorsäure.
Roggen, Hafer: Stickstoff.
Gerste: Stickstoff, Kali, Phosphorsäure.
Bohnen: Phosphorsäure, Kali, Kalk.
Erbsen, Wicken, Klee, Luzerne: **Kalk**, Phosphorsäure, Kali.
Lupinen: **Kali**.
Seradella: Kali, Phosphorsäure, Kalk.
Buchweizen: Stickstoff.
Senf: Stickstoff.
Rüben: Stickstoff, Phosphorsäure, Kalk, Kali.
Kartoffeln: Stickstoff.
Raps, Rübsen: **Stickstoff**, Phosphorsäure, Kali, Kalk.
Tabak: Stickstoff, Kalk, Kali, Phosphorsäure.
Lein, Hanf: Stickstoff, Kali.

9. Es ist zweckmäßig, gleichartige Düngungsversuche mit allen in die Fruchtfolge aufgenommenen Pflanzen anzustellen.

10. Ein Düngungsversuch ist nur dann als maßgebend zu betrachten, wenn die Resultate der ungedüngten resp. gleichartig gedüngten Parzellen nur wenig untereinander abweichen.

11. Bei der Beurteilung der Ernteergebnisse begnüge man sich nicht damit, dieselben nur mit dem Auge abzuschätzen, sondern stelle sie mit Hilfe der Wage fest. Dieses wird in der Praxis oft versäumt, und es soll durchaus anerkannt werden, daß es zur Zeit der Ernte sehr häufig auch nicht möglich ist, diese Forderung zu erfüllen; es soll ferner zugegeben werden, daß der praktische Landwirt durch häufige Besichtigung der Versuchsfelder unter Umständen sehr wohl im stande ist, die Wirkung mit dem Auge zu beurteilen, aber trotz alledem kann diese letztere Art Beurteilung im günstigsten Falle immer nur eine annähernd richtige sein, und der ganze Versuch gewinnt bedeutend an Wert, wenn der Versuchsanstellser sich entschließt, die Ernteresultate der Qualität und Quantität nach genau festzustellen.

Die Art der Versuchsanstellung hängt natürlich ganz von dem Zwecke ab, dem der Düngungsversuch dienen soll. Je nach den Fragen, die man durch einen Düngungsversuch beantworten will, wird die Versuchsanordnung zu treffen sein.

Ganz allgemein läßt sich jedoch von den verschiedenen Formen der Versuchsanordnung sagen, daß sie alle den Grundsatz der sogenannten „Differenzmethode" befolgen.

Es wird ohne weiteres aus den nachstehenden Ausführungen hervorgehen, was hierunter zu verstehen ist, und wollen wir deshalb direkt zu einer kurzen Besprechung über die Anlage von Düngungsversuchen schreiten.

Handelt es sich zunächst darum, ein allgemeines Bild von dem Düngungszustande eines Feldes zu gewinnen, so läßt sich dieses dadurch erreichen, daß man auf demselben eine Anzahl gleich großer Parzellen anlegt und dieselben in folgender Weise düngt.*)

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7	8
Düngung**)	0	N	P	K	N + P	N + K	P + K	N+P+K

Durch Vergleichung der auf den einzelnen Parzellen erzielten Erträge läßt sich sodann in ganz analoger Weise, wie wir sie sogleich kennen lernen werden, ableiten, ob und an welchen Nährstoffen es dem betreffenden Acker gebricht.

Einfacher läßt sich der Versuchsplan gestalten, wenn man nur prüfen will, ob es dem Boden an einem einzelnen Nährstoff mangelt.

Will man sich z. B. über die Notwendigkeit einer Stickstoffdüngung orientieren, so kann dieses durch die Anlage folgender Parzellen geschehen:

Parzelle	1	2	3
Düngung	0	P + K	P + K + N

Ist die Vermutung richtig, daß es dem Acker nur an Stickstoff fehlt, so wird nur durch die Düngung N + P + K ein ins Gewicht fallender Mehrertrag erzielt werden. Tritt aber auch bei der Düngung mit P + K eine Ertragssteigerung gegenüber „ungedüngt" ein, so ist dieses ein Zeichen, daß auch ein Mangel an Phosphorsäure oder Kali, oder an beiden Nährstoffen, vorliegt.

In ähnlicher Weise kann man sich über ein etwa vorhandenes Phosphorsäure- und Kali-Düngungsbedürfnis Aufklärung verschaffen. Noch einfacher kann der Düngungsversuch angestellt werden, wenn es nur gilt zu ermitteln, ob auf einem Grundstücke überhaupt die Anwendung von künstlichen Düngemitteln von Nutzen ist, indem es sodann nur nötig ist, eine Parzelle des betreffenden Grundstückes ohne Düngung zu belassen und eine andere, gleich große, mit einer Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalidüngung zu versehen. Durch Vergleich der auf den betreffenden Parzellen erzielten Ernten wird man sodann die gewünschte Auskunft erhalten.

*) Hier und im folgenden ist nur auf die Hauptnährstoffe, Stickstoff, Phosphorsäure und Kali Rücksicht genommen. Gegebenenfalls läßt sich der Plan leicht sinngemäß erweitern.

**) 0 bedeutet ohne Düngung, K = Kali-Düngung, N = Stickstoff-Düngung, P = Phosphorsäure-Düngung.

Es ist selbstverständlich, daß man nicht ohne weiteres diejenige Düngung als die rationellste ansehen darf, durch welche der höchste Mehrertrag hervorgebracht wird, sondern es ist unerläßlich, hierbei auch die Produktionskosten zu berücksichtigen. Für den praktischen Landwirt dürfte es sich sehr empfehlen, bei den Ausführungen von Düngungsversuchen die von P. Wagner empfohlene Anstellungsweise*) zu befolgen.

Wir wollen das Prinzip derselben an einem von Wagner angegebenen Beispiel kennen lernen: Handelt es sich darum, durch Versuche festzustellen, einmal, ob durch Anwendung künstlicher Düngemittel auf einem gegebenen Felde überhaupt ein Mehrertrag zu erzielen ist und ferner darum, wie groß das etwaige Düngerbedürfnis des Bodens für die einzelnen Nährstoffe ist, so läßt sich diese Frage leicht beantworten durch die Anstellung folgenden Versuches.

Es werden auf dem betreffenden Acker fünf verschiedenartig gedüngte Parzellen angelegt.

Nr. 1 bleibt ungedüngt.
Nr. 2 erhält eine Düngung von Stickstoff + Phosphorsäure + Kali.
Nr. 3 erhält dieselbe Düngung von Stickstoff + Phosphorsäure — kein Kali.
Nr. 4 erhält dieselbe Düngung von Stickstoff + Kali — keine Phosphorsäure.
Nr. 5 erhält dieselbe Düngung von Phosphorsäure + Kali — kein Stickstoff.

Ein Vergleich der auf Parzelle 2 resp. 1 gewonnenen Erträge zeigt an, ob eine Zufuhr von Nährstoffen überhaupt von Erfolg war. War dieses der Fall, so läßt sich aus einer vergleichenden Gegenüberstellung der Erträge von Parzelle 3 bezw. 4 und 5 einerseits, mit denjenigen von Parzelle 2 bezw. 1 andererseits, ersehen, wie groß das Düngungsbedürfnis des Bodens für die einzelnen Nährstoffe ist. Die Größe der durch den fehlenden Nährstoff bewirkten Verminderung des Mehrertrages muß die Größe des für den betreffenden Nährstoff vorhandenen Düngungsbedürfnisses zum Ausdruck bringen.

Bei einem nach vorstehendem Plane ausgeführten Düngungsversuch mit Gerste wurden die in nachstehender Tabelle (Seite 37) enthaltenen Resultate erzielt.

Aus diesen Zahlen lassen sich hinsichtlich des Düngungsbedürfnisses des Feldes folgende Schlüsse ziehen:

1. Es war möglich, auf dem vorliegenden Felde durch eine Zufuhr künstlicher Düngemittel den Ernteertrag zu steigern, denn es wurde durch die Düngung 2 ein Mehrertrag von $66,_2$ Ctr. pro ha gegenüber ungedüngt erzielt.

2. Der fragliche Acker besaß ein Düngungsbedürfnis sowohl für Stickstoff, als auch für Phosphorsäure und Kali, denn sobald einer der Nährstoffe in der Düngung fehlte, sank der Ertrag gegenüber den durch die Volldüngung (Düngung 2) erreichbaren, wie dieses aus der Tabelle ersichtlich ist.

3. Das größte Düngungsbedürfnis zeigte der Acker für Stickstoff, dann folgte dasjenige für Phosphorsäure und schließlich dasjenige für Kali, denn wenn der Stickstoff in der Düngung fortgelassen wurde, verminderte sich der Mehrertrag am meisten, fehlte dagegen das Kali, so trat die geringste Abnahme des Ertrages ein 2c. Ein Vergleich der Parzellen 3, 4, 5 mit 2 läßt dieses klar erkennen.

Aus dem Vorstehenden dürfte es sich von selber ergeben, in welcher Weise es anzustellen ist, will man durch Versuche die Stärke der anzuwendenden Düngung

---

*) Näheres hierüber findet sich in den Düngungsfragen von P. Wagner, Heft IV.

Düngung	Erträge der Einzelparzellen pro a		Mittelerträge auf 1 ha berechnet		Mehrertrag gegen ungedüngt pro ha		Minderertrag gegen Düngung 2 pro ha	
	Stroh kg	Körner kg	Stroh Ctr.	Körner Ctr.	Stroh Ctr.	Körner Ctr.	Stroh Ctr.	Körner Ctr.
1. 0	32,7	26,8	57,6	45,0	—	—	37,4	28,8
	30,1	22,4	102,6				66,2	
	26,1	19,9						
	26,3	20,7						
2. Phosphorsäure, Kali, Stickstoff	47,7	38,3	95,0	73,8	37,4	28,8	—	—
	47,9	39,6	168,8		66,2			
	46,8	32,7						
3. —, Kali, Stickstoff	44,0	33,0	87,4	62,0	29,8	17,0	7,6	11,8
	43,6	31,4	149,4		46,8		19,4	
	43,5	28,5						
4. Phosphorsäure, —, Stickstoff	47,1	31,9	88,4	64,2	30,8	19,2	6,6	9,6
	43,8	33,2	152,6		50,0		16,2	
	41,7	31,3						
5. Phosphorsäure, Kali, —,	32,0	27,0	61,8	48,8	4,2	3,8	33,2	25,0
	31,1	23,9	110,6		8,0		58,2	
	29,7	22,3						

ermitteln, oder verschiedene Formen ein und desselben Nährstoffes (wie z. B. Superphosphat und Thomasmehl, oder Salpeter und schwefelsaures Ammoniak) einer vergleichenden Prüfung unterziehen. Immer ist darauf zu achten, daß alle Verhältnisse mit Ausnahme der zu prüfenden auf allen Parzellen gleich gestellt werden. Ferner denke man daran, daß ein Nährstoff nur dann zu voller Wirksamkeit gelangen kann, wenn alle anderen in genügender Menge vorhanden sind.

Handelt es sich also z. B. um die Feststellung der Stärke einer Kalidüngung, so versehe man das Versuchsfeld nach Maßgabe der Verhältnisse mit einer genügend starken Grunddüngung in Bezug auf Stickstoff und Phosphorsäure (und evtl. Kalk) und lege sodann Einzelparzellen mit verschieden starken Kalidüngungen an.

Ich möchte dieses Kapitel nicht schließen, ohne dringend darauf aufmerksam zu machen, daß es bei Düngungsversuchen durchaus geboten ist, von jeder verschieden gedüngten Parzelle je zwei Kontrollparzellen anzulegen, und daß es durchaus angebracht ist, mehrere ungedüngte Parzellen in dem Versuchsplan aufzunehmen, eine Forderung, die in der Praxis sehr häufig auf Kosten der Brauchbarkeit der Versuche vernachlässigt wird.

III. Die Düngemittel.

A. Der Stallmist.

Die Düngung mit Stallmist dürfte wohl als frühest bekannte Düngungsweise anzusprechen sein. Sie ist zugleich die natürlichste, wenn wir zunächst von der Düngung durch die Pflanze selbst (z. B. Gründüngung) absehen und die vollständigste, denn der Stallmist enthält alle diejenigen Nährstoffe, die die Pflanze zu ihrem Wachstum bedarf. Die Düngung mit Stallmist ist ferner noch jetzt die gebräuchlichste und verbreitetste und dürfte den hervorragenden Platz, welchen ihr die Landwirtschaft eingeräumt hat, auch wohl noch lange behaupten, da wir kein anderes Düngemittel kennen, welches so viele für den Pflanzenwuchs günstige Eigenschaften in sich vereinigt, wie der Stallmist; ganz abgesehen davon, daß ihm jeder weitere wirtschaftliche Wert fehlt, weil er zu anderen als Düngungszwecken nutzbringend nicht verwendbar ist.

Wir werden uns später eingehender mit der Wirkung des Stallmistes zu beschäftigen haben und kennen lernen, daß der Stallmist außer seinen pflanzennährenden Eigenschaften auch noch die Fähigkeit besitzt, den Ackerboden in physikalischer und chemischer Beziehung außerordentlich günstig zu beeinflussen, und daß ihm in dieser umfassenden Wirkung kein anderes Düngemittel ebenbürtig zur Seite zu setzen ist.

Es wird uns leicht sein, eine zutreffende Vorstellung über die mannigfachen Wirkungen des Stallmistes zu erlangen, wenn wir uns zunächst über seine Zusammensetzung und die Natur seiner Bestandteile unterrichten. Der Stallmist ist bekanntlich ein Gemisch der festen und flüssigen Exkremente der Haussäugetiere und der Einstreu.

Seine Zusammensetzung (und damit auch seine Wirkung) ist keine absolut gleichmäßige und hängt ab:

1. Von der Beschaffenheit der tierischen Exkremente, die wiederum von der Eigenart der Tiere und ihrer Ernährung wesentlich beeinflußt wird.
2. Von dem verwendeten Streumaterial.
3. Von seinem Alter.
4. Von der Pflege und Behandlung, die der Stallmist erfährt.

Wir werden uns demnach über diese einzelnen Punkte zu orientieren haben und wollen, mit den tierischen Exkrementen beginnend, uns zunächst darüber klar werden:

Wie entstehen und woraus bestehen die tierischen Exkremente?

Sehen wir uns daraufhin die Veränderungen, welche das Futter im tierischen Organismus erleidet, kurz an. Wenn das Futter, mit Speichel durchfeuchtet, in den Magen resp. die Mägen gelangt ist, so unterliegt es daselbst, sowie im anschließenden Darmkanal, mannigfachen Umwandlungen unter dem Einfluß der verschiedenen Verdauungssäfte, die vom Tierkörper ausgeschieden werden.

Manche an und für sich lösliche Verbindungen werden durch die Mund-, Magen- und Darmflüssigkeiten direkt gelöst, andere werden erst durch die Einwirkung besonderer, in den Verdauungssäften enthaltenen Fermente in eine lösliche Form übergeführt. Die auf die eine oder andere Weise resorptionsfähig gewordenen Nahrungsbestandteile werden durch die, den Verdauungskanal umgebenden Blut- und Chylusgefäße aufgenommen und gelangen dann weiter ins Blut — sie werden

verdaut. Der unverdauliche Teil der Nahrung, der je nach der Tierart und der Nahrung verschieden ist, wandert in den Därmen weiter und verläßt schließlich den Tierkörper, zugleich mit einem Teil der Verdauungssäfte, durch den After als Kot.

Die resorbierten, ins Blut gelangten Nahrungsbestandteile werden von diesem weiter an die Gewebe abgegeben und dienen dort zum Aufbau der Organe und zum Ersatz der verbrauchten Stoffe.

Diese vom Körper verbrauchten Stoffe werden wiederum an das Blut zurückgegeben. Hier unterliegen sie weiteren Umwandlungen und treten schließlich wieder aus dem Körper aus, und zwar je nach ihrer Natur in verschiedener Weise.

Die flüchtigen Spaltungsprodukte werden durch Haut und Lunge abgeschieden, während die übrigen Spaltungsprodukte, in Wasser gelöst, vom Körper durch die Nieren als Harn abgesondert werden.

Auf Grund dieser Darlegungen können wir die oben aufgeworfene Frage über die Entstehung und Zusammensetzung des Stallmistes dahin beantworten, daß die tierischen Exkremente in letzter Linie den Futterstoffen entstammen, und daß sie alle diejenigen Stoffe, wenn auch in anderer Bindungsform, enthalten, welche ursprünglich in dem Futter vorhanden waren.

Um nun aber zu einem abschließenden Urteil über die allgemeinen Beziehungen zwischen Nahrung und Exkrementen zu gelangen, müssen wir noch kurz die Frage streifen: Gelangen alle Stoffe der Nahrung in den tierischen Ausscheidungen wieder zum Vorschein, oder werden sie zum Teil im Tierkörper zurückgehalten?

Diese Frage ist leicht durch eine einfache Überlegung zu beantworten.

Wenn wir daran denken, daß das Körpergewicht eines ausgewachsenen Tieres bei normaler Ernährung und unter sonstigen normalen Verhältnissen fast völlig sich gleich bleibt, so folgt daraus, daß die durchschnittlichen täglichen Einnahmen (durch die Nahrung) und die durchschnittlichen täglichen Ausgaben (durch die Ausscheidung) sich völlig das Gleichgewicht halten müssen, und daß dieses in der That der Fall ist, ist durch viele exakt ausgeführte Untersuchungen bewiesen worden. Es hat sich dabei herausgestellt, daß der Gehalt der Ausscheidungen an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Mineralbestandteilen (also an denjenigen Stoffen, aus denen auch die Nahrung zusammengesetzt ist) genau dem Gehalte der Nahrung an diesen Stoffen entspricht.

Hieraus ergiebt sich für unsere Betrachtungen, daß in allen denjenigen Fällen, in welchen kein Stoffansatz im Tierkörper stattfindet, die sämtlichen Nahrungsbestandteile wieder in den tierischen Ausscheidungen vorhanden sind. Es liegt weiter auf der Hand, daß bei Tieren, in deren Körper ein Stoffansatz vor sich geht (wie z. B. bei Masttieren, Milchvieh, weiblichen Tieren während der Trächtigkeit, jugendlichen Tieren) der Gehalt der Ausscheidungen im Vergleich zu der Zusammensetzung der Nahrung um diejenigen Bestandteile ärmer sein muß, welche der Zusammensetzung der neugebildeten Substanz, wie Fleisch, Fett, Knochen, Milch ꝛc. entsprechen, daß also in diesem Falle weniger vom Tierkörper abgegeben wird als er einnimmt.

Nachdem wir im vorstehenden die Frage, ob die Nahrungsbestandteile sämtlich wieder zur Ausscheidung gelangen, im bejahenden Sinne beantworten konnten, müssen wir uns die weitere Frage vorlegen, ob diejenigen Bestandteile des Futters, welche als Pflanzennährstoffe in Betracht kommen nur in denjenigen tierischen Ausscheidungen, welche zur Düngerbereitung dienen, also in den festen und flüssigen Exkrementen, vorhanden sind, oder ob sie z. T. mit den gasförmigen Ausscheidungen verloren gehen.

Wenn wir die gasförmigen Ausscheidungen daraufhin untersuchen, so liegt es in der Natur der Sache und bedarf deshalb keiner weiteren Erklärung, daß von den Pflanzennährstoffen hier nur der Stickstoff in Rechnung zu ziehen ist. Bekanntlich stellen die gasförmigen oder insensiblen Ausscheidungen die flüchtigen Endprodukte des Stoffwechsels dar. Sie bestehen vornehmlich aus Kohlensäure und Wasser, die durch Haut und Lunge per- und respiriert (ausgeatmet) werden. Bei ausgewachsenen Tieren und normaler Nahrung wird auf diese Weise etwa 50 % der Futtertrockensubstanz vom Körper abgegeben. Auf Grund einiger Versuche glaubte man nun früher, daß auch Stickstoff in diesen Ausscheidungen vorhanden wäre. Die exakten Arbeiten von Bischoff und Voit, sowie von Henneberg und Stohmann haben jedoch aufs deutlichste gezeigt, daß der sämtliche Stickstoff der Nahrung, wenn kein Stoffansatz im Tierkörper stattfindet, sich in den festen und flüssigen Exkrementen (Kot und Harn) resp. in den Sekreten (Milch) wiederfindet.

Hieraus folgt, daß der Verlust, den die Nahrung im Tierkörper erleidet, lediglich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Diese Stoffe sind aber für die Pflanzenernährung insofern von untergeordneter Bedeutung, als sie den Pflanzen in der Natur im reichlichsten Maße zur Verfügung stehen.

Alle übrigen Nährstoffe gehen also unter normalen Verhältnissen durch Kot und Harn in den Mist über.*)

Um die im Kot bezw. Harn enthaltenen Nährstoffe richtig bewerten zu können, wollen wir uns nunmehr darüber orientieren, in welcher Form diese Nährstoffe in diesen Exkrementen vorhanden sind und wie sie sich auf Kot und Harn verteilen. Wir wollen uns dabei auf die wichtigsten Nährstoffe, Stickstoff, Kali und Phosphorsäure, sowie auf die organische Substanz beschränken.

Sehen wir uns daraufhin die durchschnittliche Zusammensetzung der flüssigen und festen Exkremente einiger Haussäugetiere an.

---

*) Zur näheren Veranschaulichung dieser Verhältnisse seien hier einige von den vielen Versuchen Hennebergs und seiner Mitarbeiter angeführt:

Versuchstiere: Schnittochsen.

Es wurde im Futter verabreicht, resp. im Kot und Harn wiedergefunden	Wasser Pfund	Trockensubstanz Pfund	Mineralstoff Pfund	Kohlenstoff Pfund	Wasserstoff Pfund	Stickstoff Pfund	Sauerstoff Pfund	Mittleres Lebendgewicht Pfund	Lebendgewichts-Zu- (+) resp. Abnahme (—) pro Tag Pfund
Versuch a									
Im Futter	65,98	16,66	1,36	7,66	0,95	0,262	6,43	1285,3	— 1,00
Im Kot und Harn .	58,75	9,15	1,32	4,10	0,48	0,264	2,99		
Differenz zwischen Futter und Exkrementen	7,23	7,51	0,04	3,56	0,47	— 0,002	3,44		
In Prozenten . . .	10,95	45,08		46,48	49,47		53,50		
Versuch b									
Im Futter	116,32	25,39	1,81	11,66	1,50	0,623	9,80	1425,0	+ 2,07
Im Kot und Harn .	96,27	12,80	1,76	5,60	0,67	0,548	4,22		
Differenz zwischen Futter und Exkrementen	20,05	12,59	0,05	6,06	0,83	0,075	5,58		
In Prozenten . . .	17,24	49,59		51,97	55,33	12,04	56,94		

Die Exkremente des Pferdes enthalten:

	im Kot	im Harn
Wasser	75,8 %	90,0 %
Organische und flüchtige Substanz	21,0 „	7,0 „
Darin Stickstoff	0,44 %	1,5 %
Gesamtasche	3,2 „	3,0 „
Darin Phosphorsäure	0,32 „	0 „
Kali	0,35 „	1,6 „

Die Exkremente des Rindes enthalten:

	im Kot	im Harn
Wasser	83,5 %	93,8 %
Organische und flüchtige Substanz	14,6 „	3,2 „
Darin Stickstoff	0,29 %	0,6 %
Gesamtasche	1,9 „	3,0 „
Darin Phosphorsäure	0,17 „	0 „
Kali	0,1 „	1,3 „

Die Exkremente des Schafes enthalten:

	im Kot	im Harn
Wasser	65,5 %	87,5 %
Organische und flüchtige Substanz	31,4 „	8 „
Darin Stickstoff	0,6 %	1,9 %
Gesamtasche	3,1 „	4,5 „
Darin Phosphorsäure	0,3 „	Spur
Kali	0,15 „	2,3 „

Die Exkremente des Schweines enthalten:

	im Kot	im Harn
Wasser	79—84 %	97,5 %
Organische Substanz . .	10—15 „	1,5—2,8 „
Darin Stickstoff . . .	0,6—0,7 %	0,3—0,4 %
Gesamtasche	3—5 „	1,0—1,5 „
Darin Phosphorsäure . .	0,1—0,4 „	0,1 „
Kali	0,3 „	0,7—0,8 „

Es läßt sich dieser Zusammenstellung leicht entnehmen, daß der Kot prozentarisch bedeutend reicher an organischer Substanz und auch reicher an Phosphorsäure ist, als der Harn. Die letztere findet sich in dem Harn der Pflanzenfresser entweder garnicht oder nur in geringen Mengen, während sie daselbst bei den Fleischfressern und Omnivoren regelmäßig auftritt.

Der Harn ist dagegen durchweg viel reicher an Kalisalzen und mit Ausnahme des Schweineharns auch reicher an Stickstoffverbindungen als der Kot.

Es wäre aber falsch, anzunehmen, daß alle diejenigen Stoffe, welche in relativ größerer Menge im Harn oder im Kot vorkommen, auch in demselben Verhältnisse in Bezug auf ihre absolute Menge im Harn oder Kot zur Abscheidung gelangen.

E. Wolff macht hierüber folgende Angaben, die auf direkten Fütterungs=

versuchen beruhen. Es wurden von 100 Teilen der betreffenden im Futter enthaltenen Substanz im Kot und Harn wiedergefunden.*)

	Kuh.	Ochse.	Hammel.	Pferd.	Mittel.
Organische Substanz.					
Im Kot:	39,5	42,5	44,0	44,1	42,5
Im Harn:	4,0	4,4	2,0	3,3	3,4
Stickstoff.					
Im Kot:	47,5	33,9	46,7	32,4	40,1
Im Harn:	31,0	54,8	42,3	60,7	47,2
Mineralsubstanz.					
Im Kot:	53,9	64,6	57,9	62,5	59,7
Im Harn:	43,1	34,3	41,0	37,5	39,0

Daß der prozentarische und absolute Gehalt der festen und flüssigen Exkremente an den in ihnen enthaltenen Substanzen sich nicht immer entsprechen, rührt u. A. daher, daß von den Tieren nicht gleiche Mengen fester und flüssiger Exkremente produziert werden. Die Pflanzenfresser erzeugen z. B. durchschnittlich mehr feste wie flüssige Exkremente. Diese Thatsache zu wissen ist insofern von Wichtigkeit, als die im Harn enthaltenen Pflanzennährstoffe — und zwar gilt dieses besonders für den Stickstoff — einen höheren Wirkungswert besitzen, als diejenigen des Kotes.

Dieser verschiedene Düngerwert hängt aufs engste mit der Natur der betreffenden Exkremente zusammen.

Wenn wir die wertbestimmenden Bestandteile im Harn und Kot vergleichend gegen einander abmessen, so können wir uns hierbei auf die Nährstoffe Stickstoff, Kali und Phosphorsäure beschränken und die organische Substanz als solche außer acht lassen, weil einmal ihre Wirkung keine direkt pflanzenernährende ist und zudem die geringe Menge, welche im Harn zur Abscheidung gelangt, nicht in Betracht kommt gegenüber der großen Menge, welche in den Kot übergeht.

Hinsichtlich der Phosphorsäure haben wir es in den Exkrementen der Pflanzenfresser fast ausschließlich mit Kot-Phosphorsäure zu thun. Bisher glaubte man ihren Düngerwert nicht besonders hoch veranschlagen zu dürfen, da man auf Grund des Verhaltens der Phosphorsäure beim Stoffwechsel im Tierkörper annehmen muß, daß dieselbe in Form von schwerlöslichem phosphorsauren Kalk ausgeschieden wird. Nach neueren Untersuchungen soll jedoch die Phosphorsäure des Stallmistes eine sehr gute Wirksamkeit besitzen. Es wird angegeben, daß dieselbe sich auf ungefähr 90 % der Wirksamkeit der wasserlöslichen Phosphorsäure beläuft.

Das Kali des Futters findet sich vorzugsweise in dem Harne wieder und zwar ist es darin zumeist gebunden an Kohlensäure oder organische Säuren. Aus dem Umstande, daß diese Salze in gelöstem Zustande zur Ausscheidung gelangen, geht schon hervor, daß sie auch von den Pflanzen leicht assimilierbar sein werden. Ob die geringen Kalimengen des Kotes einen geringeren Wert besitzen oder nicht, ist nicht näher untersucht, aber auch praktisch nicht von Bedeutung.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse hinsichtlich des Stickstoffes. Hier haben wir streng zu unterscheiden zwischen Harnstickstoff und Kotstickstoff.

Der Harnstickstoff ist bei den pflanzenfressenden Haustieren im wesentlichen in

*) Unter Hinweis auf die vorstehenden Ausführungen sei hierzu kurz bemerkt, daß die angegebenen Zahlen natürlich je nach der Verdaulichkeit des betreffenden Futters variieren.

Form von Harnstoff und Hippursäure vorhanden, bei den Fleischfressern findet sich zudem noch als Träger des Stickstoffes die Harnsäure in geringen Mengen vor.

Wenn wir den Harn sich selbst überlassen, so zerfallen diese Verbindungen ziemlich schnell und gehen dabei schließlich, soweit die stickstoffhaltigen Zerfallsprodukte in Betracht kommen, vornehmlich in Ammoniakverbindungen über. Wir können daher den Harnstickstoff hinsichtlich seines Düngewertes auf gleiche Stufe mit dem Ammoniakstickstoff stellen, der bekanntlich für die Pflanzen leicht, wenn auch nicht direkt assimilierbar ist, und in seiner Wirkung dem Salpeterstickstoff sehr nahe steht, welcher von den Pflanzen am leichtesten aufgenommen wird.

In sehr viel schwerer löslichem Zustande ist der Stickstoff in dem Kote vorhanden.

Der Kotstickstoff entstammt zum größten Teil den unverdaulichen resp. nicht verdauten Proteinsubstanzen der Nahrung und findet sich daher im Kot vornehmlich als Eiweißstickstoff, der im Boden zum Teil nur sehr schwer und langsam in löslichere Formen übergeführt wird. Aus diesem Grunde ist schon von vornherein anzunehmen, daß der Kotstickstoff geringwertiger ist als der Harnstickstoff und daß dem so ist, ist durch Vegetationsversuche thatsächlich bestätigt worden.

Da nun der Stickstoff der wertvollste Bestandteil des Mistes ist, so folgt daraus, daß auch der Wert des Mistes wesentlich abhängig ist von seinem Gehalt an Stickstoff und besonders von dem Verhältnis zwischen Kotstickstoff und Harnstickstoff. Dieses Verhältnis, sowie überhaupt die Gesamtmenge der übrigen Pflanzennährstoffe im produzierten Dünger wird aber in sehr hohem Maße durch das verabreichte Futter beeinflußt, eine Thatsache, die aus dem im obigen über den Zusammenhang zwischen Futter und Exkrementen Gesagten ohne weiteres hervorgeht.

Je nährstoffreicher und leichter verdaulich das Futter ist, umso gehaltreicher wird auch der Dünger an Nährstoffen sein. Der Landwirt, der gut und kräftig füttert, erzielt also einen doppelten Vorteil gegenüber demjenigen, der schlecht und knapp füttert, einmal ein besser ernährtes Vieh und zweitens einen wertvolleren Dünger.

Außer von dem Futter hängt die Beschaffenheit und der Wert der tierischen Exkremente von der besonderen Individualität der Tiere ab und zwar namentlich insofern dieselbe auf Gattungsverschiedenheiten beruht.

So finden wir z. B., daß (bei Erhaltungsfutter) in den Harn von Wiederkäuern bis zu 95 % der im Futter vorhandenen Alkalien übergehen, während das Pferd durchschnittlich weniger Alkalien durch den Harn ausscheidet.

Der Pferdeharn enthält cirka 60 % des in der Nahrung aufgenommenen Kalkes, der Harn der Wiederkäuer dagegen ist sehr arm an Kalk. Auch hinsichtlich der Ausscheidung von Stickstoff und besonders von Phosphorsäure verhalten sich die einzelnen Tierarten in der Weise verschieden, wie es bereits weiter oben besprochen ist (vergl. Seite 41).

Diese unterschiedliche Zusammensetzung der Exkremente bei den verschiedenen Tierarten ist zum größten Teil darauf zurückzuführen, daß die verschiedenartigen landwirtschaftlichen Nutztiere je nach ihrer Individualität (Artencharakter) verschieden gefüttert werden und daß dieselben sich hinsichtlich der Wasseraufnahme durchaus verschieden verhalten. Sodann kommt noch in Betracht, daß das Verdauungsvermögen der verschiedenartigen Haustiere ein verschiedenes ist.

Aber auch innerhalb derselben Tierart schwankt die Zusammensetzung der produzierten Exkremente bei den einzelnen Tieren oft beträchtlich und dieses rührt, wenn

wir einmal von den durch Altersunterschiede bedingten Verschiedenheiten absehen, wiederum hauptsächlich daher, daß die Tiere je nach ihrem Nutzungszwecke verschieden gefüttert werden.

Es können daher alle Angaben über die Zusammensetzung der Exkremente nicht mehr als allgemeine Durchschnittszahlen sein und dieser Thatsache müssen wir eingedenk bleiben, wenn wir diesbezügliche analytische Daten unseren Berechnungen zu Grunde legen.

Wir wollen nunmehr an der Hand nachstehender Tabelle einen vergleichenden Überblick über die Beschaffenheit der von den verschiedenen Haustieren gelieferten Exkremente werfen.

Es sind in 100 Teilen enthalten:

	Pferd			Rind		
	Kot	Harn	Gemenge*) von Kot und Harn	Kot	Harn	Gemenge von Kot und Harn
Wasser	75,8	90,0	77,9	83,5	93,8	86,8
Organische Substanz .	21,0	7,0	19,0	14,6	3,2	11,0
Stickstoff	0,14	1,5	0,6	0,29	0,6	0,4
Asche	3,2	3,0	3,1	1,9	3,0	2,2
Phosphorsäure . . .	0,32	—	0,3	0,17	—	0,13
Kali	0,35	1,6	0,5	0,10	1,3	0,6

	Schaf			Schwein		
	Kot	Harn	Gemenge von Kot und Harn	Kot	Harn	Gemenge von Kot und Harn
Wasser	65,5	87,5	68,0	79—84	97,5	82—87
Organische Substanz .	31,4	8,0	28,0	10—15	1,5—2,8	9—14
Stickstoff	0,6	1,9	0,9	0,6—0,7	0,3—0,4	0,5—0,6
Asche	3,1	4,5	4,0	3,0—5,0	1,0—1,5	3—4
Phosphorsäure . . .	0,3	Spur	0,4	0,1—0,4	0,1	0,1—0,2
Kali	0,15	2,3	1,0	0,3	0,7—0,8	0,5

Dieser Tabelle ist wenig hinzuzufügen.

Sie zeigt uns deutlich, daß, wenn wir die angeführten Exkremente nach ihrem Gehalte an wertbestimmenden Stoffen ordnen, die Exkremente des Schafes oben anstehen und daß sodann diejenigen des Pferdes, Rindes, Schweines in der soeben angegebenen Reihe nachfolgen.

Man könnte auf den ersten Blick den Eindruck gewinnen, als ob diese Klassifikation hinsichtlich der Ausscheidungen des Schweines nicht zutreffend wären, da ja auf Grund der Tabelle sowohl der Kot als auch die gemischten Exkremente, u. A. gerade an dem wertvollsten Nährstoffe, dem Stickstoff, besonders reich sind, zum Teil reicher als

*) Die Zusammensetzung des Gemisches ist unter Berücksichtigung der relativen Mengen von Festem und Flüssigem berechnet. Die Zahlen sind dem bekannten Lehrbuche von Ad. Mayer entnommen.

wir es bei allen anderen genannten Tieren verzeichnet finden. Aber wenn man berücksichtigt, daß dieser Stickstoff zum weitaus größten Teil aus unverdaulichem und daher schwer löslichem Eiweißstickstoff besteht — die Übersicht zeigt, daß der Harn relativ arm an Stickstoff ist — so wird man sich der obigen Bewertung der in Frage stehenden Exkremente anschließen.

Im übrigen sei hier nochmals bemerkt, daß gerade die Zusammensetzung der Exkremente des Schweines in Folge der überaus verschiedenen Fütterung besonders hohen Schwankungen unterliegt und daß es, wie wir später noch sehen werden, nicht angängig ist, ein für alle Fälle zutreffendes Urteil über ihren Wert zu fällen.

Bevor wir diese allgemeinen Betrachtungen über die Exkremente verlassen, wollen wir noch kurz auf zwei Punkte hinweisen, die für die Charakteristik der zugehörigen Stallmistsorten von besonderer Bedeutung sind, auf die mechanische Beschaffenheit des Kots, sowie auf den Stickstoffgehalt des Harnes.

Bekanntlich unterscheidet der Landwirt zwischen hitzigen und kalten Dungarten. Als „hitzig" bezeichnet er diejenigen Mistarten, welche sich beim Lagern in größeren Haufen rasch selbst erwärmen und im Boden schnell zur Wirksamkeit gelangen, als „kalt" diejenigen, welche diese Eigenschaften in weniger hohem Grade besitzen. Diese mehr oder weniger große Selbsterwärmung, sowie die schnellere oder langsamere Wirkung der verschiedenen Stallmistsorten sind aber nichts anderes als Folgeerscheinungen ihrer verschieden raschen Zersetzbarkeit, resp. ihres verschieden großen Gehaltes an leicht zersetzbaren Substanzen. Diese Zersetzbarkeit ist wiederum abhängig und wird bedingt von einigen mechanischen und chemischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Mistarten, speciell von dem Wassergehalt des Kotes und dem Stickstoffgehalt des Harnes.

Bei den „hitzigen" Mistarten, dem Pferde- und Schafmist, ist der Kot bekanntlich von relativ trockener Beschaffenheit, während derselbe bei dem „kalten" Rinder- und Schweinemist eine mehr breiige Konsistenz besitzt.

Da nun aber die atmosphärische Luft in jene trockneren Kotarten sehr viel besser eindringen und auf die organische Substanz derselben einwirken kann, als dieses bei den sehr feuchten Kotarten der Fall ist, und da ferner bekannt ist, daß die Zersetzung bei reichlichem Luftzutritt eine energischere ist als bei Luftmangel, so zeigt uns diese Thatsache den Zusammenhang zwischen der mechanischen Beschaffenheit des Kotes und dem Charakter des zugehörigen Mistes.

Wichtiger aber noch für die hitzigen und kalten Eigenschaften eines Stallmistes ist sein Gehalt an leicht zersetzbaren Stickstoffverbindungen, die, wie wir wissen, die Wirkung eines Stallmistes in erster Linie bedingen. Als Träger solcher Stickstoffverbindungen haben wir bereits den Harn kennen gelernt und die Tabelle zeigt uns, daß der Pferdeharn und Schafharn sehr viel reicher an Stickstoff ist, als der Harn von Rind nnd Schwein, sodaß auch der Zusammenhang zwischen dem Gehalt des Harnes an Stickstoff und dem Charakter des zugehörigen Mistes augenfällig ist.

Wir wollen nunmehr zur Besprechung des zweiten Bestandteils des Stallmistes — der Einstreu — übergehen.

Die **Einstreu** ist ein wichtiger Bestandteil des Mistes. Um den Stallmist zu dem zu machen, was er ist, nämlich zu einem vollständigen Dünger, ist es nötig, daß die festen und flüssigen Exkremente der Tiere, die sich, wie wir gesehen haben, hinsichtlich ihres Gehaltes an Pflanzennährstoffen gegenseitig ergänzen, zu einem einheitlichen Ganzen vereinigt werden. Zu dieser theoretischen Forderung gesellt sich die

praktische: das Gemenge von Kot und Harn in einen solchen Zustand überzuführen, daß es gut transportierbar und praktisch leicht verwertbar ist.

Beides erreichen wir mit Hilfe der Einstreu. Wenn wir also eine Einstreu zu wählen haben, so werden wir in erster Linie darauf Rücksicht zu nehmen haben, daß sie ein gutes Aufsaugungsvermögen für die flüssigen Exkremente besitzt und auch die festen in genügender Weise festzuhalten vermag, um mit beiden zusammen eine möglichst gleichmäßige zusammenhängende Masse zu bilden. Außer diesem Hauptzweck verbinden wir mit der Anwendung der Einstreu noch einen anderen, nämlich den der Konservierung der Exkremente.

Wie wir bereits wissen, unterliegen die tierischen Exkremente, wenn sie sich selbst überlassen bleiben, mannigfachen Zersetzungen. Wenn nun diese Zersetzungsvorgänge zu rapid verlaufen, so können sie leicht mit mehr oder weniger großen Stickstoff-verlusten verbunden sein.

Die Bedeutung der Einstreu als Konservierungsmittel liegt nun teils darin, daß sie, da sie sich selbst ungleich schwerer zersetzt als die tierischen Ausscheidungen, auch die Zersetzung der Exkremente verlangsamt, indem durch ihre Zumischung gleichsam eine Verdünnung derselben bewirkt wird. — So wirkt z. B. das Stroh.

Andere Einstreu-Materialien, wie z. B. Torf und Erde, besitzen außerdem noch die Fähigkeit, wertvolle Zersetzungsprodukte wie z. B. Ammoniak zu absorbieren. Eine weitere Bedeutung der Einstreu ist, daß durch sie sowohl die chemische, als auch besonders die physikalische Beschaffenheit des Stallmistes beeinflußt wird. Die chemische Beschaffenheit insofern, als durch die Einstreu der Gehalt des Stallmistes an Pflanzennährstoffen bereichert wird.*) Hinsichtlich der Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit ist es bekannt, daß die günstigen physikalischen Eigenschaften des Stallmistes in den meisten Fällen und zum größten Teil auf Rechnung der Einstreu zu setzen sind.

Das älteste und am meisten angewandte Streumaterial dürfte wohl das Stroh sein.

Man darf aber nicht glauben, daß die obigen, für eine gute Einstreu angeführten Gesichtspunkte für die Auswahl des Strohes als Streu von Anfang an maßgebend waren, sondern wir müssen vielmehr annehmen, daß lediglich die Absicht, den Tieren in den Ställen ein warmes, reinliches und trockenes Lager zu verschaffen und die rein empirische Beobachtung, daß das Stroh für diesen Zweck sehr geeignet war nebst dem Umstande, daß es für andere Zwecke meistens doch nicht nutzbringend verwertbar ist, zu seiner diesbezüglichen Benutzung geführt haben. Erst allmählich lernte man sodann die weitere Bedeutung der Streu kennen, und dem Umstand, daß das Stroh allen neuen Anforderungen vollauf genügte, dürfte es zuzuschreiben sein, daß auch heute noch das Stroh das verbreitetste und geschätzteste Streumaterial ist.

In der That, das Stroh besitzt so viele vorzügliche Eigenschaften, daß man es als Muster einer guten Einstreu ansehen und die übrigen, als Ersatz benutzten Streumaterialien hinsichtlich ihres Wertes nach ihm bemessen kann.**)

---

*) Es sei hierdurch kurz daraufhin gewiesen, daß die Nährstoffe, die dem Miste durch die Einstreu zugeführt werden, natürlich zunächst einen geringeren Wert besitzen als diejenigen der Exkremente, besonders der flüssigen, und zwar deshalb, weil sie den Pflanzen erst nach der Verwesung der Streu zugänglich werden.

**) In einem späteren Kapitel: „Veränderung des Mistes während des Lagerns 2c.“ werden wir auf einige nachteilige Eigenschaften der Stroh-Einstreu aufmerksam machen.

Außer den verschiedenen Strohsorten benutzt man in der Landwirtschaft noch Torf, Erde, Laub und Nadeln von Waldbäumen, Moos, Sägespäne ꝛc. zur Einstreu.

Wir wollen nunmehr mit Hilfe der nachstehenden Tabelle zur Besprechung der verschiedenen Einstreumaterialien schreiten.

Nach Versuchen von Heinrich werden von 100 g lufttrockener Substanz folgende Wassermengen zurückgehalten:

Winterroggenstroh 5 cm langes Häckerling	265	g
„ 1 „ „ „	270	„
„ 3/4 „ „ „	380	„
Abgestorbenes Laub der Hainbuche . . .	395	„
„ „ „ Rotbuche . . .	210	„
„ „ „ Eiche	245	„
„ „ „ Birke	300	„
Abgefallene Nadeln der Lärche	300	„
Frische, grüne Nadeln der Kiefer . . .	12	„
Moos (Hypnum) grün, aber getrocknet . .	425	„

Heiden fand für die wasserhaltende Kraft der verschiedenen Stroharten folgende Zahlen:

Weizenstroh . . .	$225{,}_8$ %	Haferstroh	$213{,}_6$ %
Roggenstroh . . .	$241{,}_4$ „	Erbsenstroh	$280{,}_9$ „

und Krutzsch macht über die wasserhaltende Kraft der Waldstreu folgende Angaben:

Buchenlaub	= $441{,}_{55}$ %
Fichtennadeln	= $308{,}_{83}$ „
Kiefernnadeln	= $221{,}_{25}$ „

Breitenlohner fand hinsichtlich des Aufnahmevermögens für Jauche für die nachstehenden Streumaterialien folgendes:

1000 Gewichtsteile nehmen Jauche auf:		Gleiche Volumina Streu nehmen Jauche auf (Föhrenreisig = 100)	
Föhrenreisig	250	Föhrenreisig	100
Fichtenreisig	357	Fichtenreisig	150
Erde	550	Erde	626
Gerberlohe	2150	Gerberlohe	826
Roggenstroh	3000	Roggenstroh	461
Waldstreu	3083	Waldstreu	731
Bohnenstroh	3300	Bohnenstroh	598
Sägespäne	3571	Sägespäne	790
Laubstreu	4330	Laubstreu	1038
Torf	4483	Torf	925

Wolff giebt an, daß

Torfstreu das	7—9	fache
Strohhäcksel das	3—4	„
Buchen- und Eichenlaub das .	$2^1/_2$	„
Fichten- u. Kiefernnadeln das	$1^1/_2$—2	„

des Gewichtes an Flüssigkeiten aufzunehmen im stande sind.

Mittlerer Nährstoffgehalt einiger Streumaterialien an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali:

	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	
Winterweizenstroh	0,48 %	0,22 %	0,63 %	Nach Wolff.
Winterrroggenstroh	0,40 „	0,25 „	0,86 „	
Haferstroh	0,56 „	0,28 „	1,63 „	
Bohnenstroh	1,63 „	0,29 „	1,94 „	
Erbsenstroh	1,04 „	0,35 „	0,99 „	
Präparierte Torfstreu . . .	0,64 „	0,09 „	0,08 „	
Buchenlaubstreu	1,00 „	0,24 „	0,23 „	
Eichenlaubstreu	1,00 „	0,20 „	0,35 „	
Fichtennadelstreu	0,90 „	0,20 „	0,13 „	
Kiefernnadelstreu	0,8 „	0,10 „	0,13 „	
Lärchennadelstreu	— „	0,13 „	0,16 „	
Tannennadelstreu	— „	0,27 „	0,27 „	
Tannen-Schneidelstreu . . .	— „	0,30 „	0,74 „	
Heidekraut	1,00 „	0,11 „	0,21 „	
Moos	1,05 „	0,16 „	0,34 „	
Seegras	1,61 „	0,42 „	1,77 „	
Rohrschilf bis	1,40 „	0,10 „	0,30 „	Nach Ad. Mayer.
Riedgräser, Binsen	2,00 „	0,30—0,50 „	1,70—2,3 „	
Plaggen	0,3—0,6 „	0,10 „	0,10 „	
Moostorf	0,8 „	0,04 „	0,04 „	

Wir wollen nunmehr kurz darlegen, wie die am meisten benutzten Streu-Materialien den obigen Anforderungen entsprechen.

Die Stroh-Einstreu. Was den besonderen Wert des Strohes als Einstreu ausmacht, ist, abgesehen von den oben angedeuteten wirtschaftlichen Faktoren und dem Umstande, daß es den Tieren ein reinliches, trockenes und warmes Lager gewährt, vorzüglich seine Eigenschaft, vermöge der ihm eigenen natürlichen Beschaffenheit in ganz besonderem Maße zur Aufsammlung der Exkremente befähigt zu sein.

Infolge dieser natürlichen Beschaffenheit, d. h. seiner äußeren und inneren Bauart (Gestalt, Konsistenz und Zusammensetzung) vermag es nicht nur die flüssigen Exkremente in vorzüglicher Weise in sich aufzunehmen und zurückzuhalten, sondern auch die festen Exkremente gut festzuhalten, um so mit beiden zusammen eine einheitliche Masse zu bilden, die auch zur weiteren Verwendung sehr gut geeignet ist.

Als Streu findet Stroh der verschiedensten Herkunft Verwendung. Am meisten wird aber dasjenige der Getreidearten und von diesen wieder das Weizen- und Roggenstroh angewandt.

Wie wir den vorstehenden Tabellen entnehmen können, ist das Stroh der Leguminosen hinsichtlich der wasserhaltenden Kraft dem Stroh der Gramineen überlegen, aber das erstere findet, aus anderen gleich anzugebenden Gründen eine weniger ausgedehnte Verwendung als Streumaterial.

In der ersten Tabelle finden wir die Resultate von Versuchen Heinrichs über den Einfluß der Zerkleinerung des Strohes auf das Aufsaugungsvermögen für Flüssigkeiten. Es geht daraus hervor, daß die Wasserkapacität zunimmt, je feiner das Stroh gehäckselt ist.

Dieser Umstand ist beachtenswert, nicht nur deshalb, weil auf diese Weise an Streustroh gespart werden kann, sondern auch aus dem Grunde, weil das zerkleinerte Stroh sich inniger mit den festen Exkrementen vermengt und der betreffende Dünger sich besser verwenden läßt.

Nach Heinrich genügt es, wenn man das Stroh ungefähr in 20—30 cm lange Stücke schneidet.

Selbstverständlich erfüllt das Streu-Stroh wie alle anderen Streumaterialien seinen Zweck um so vollkommener, je trockener es verwendet wird.

Der Nährstoffgehalt der einzelnen Streumaterialien ist natürlich sehr verschieden, weniger, wie aus der betreffenden Übersicht hervorgeht, hinsichtlich der Phosphorsäure, als des Stickstoffs und Kalis. Das Stroh der Getreidearten ist relativ arm an Stickstoff und wird daran von den meisten anderen Einstreu-Stoffen übertroffen. Sehr viel reicher an Stickstoff ist das Stroh der Leguminosen, und aus eben diesem Grunde wird es auch nutzbringender als Futterstoff verwertet. Wie der Nährstoffgehalt, so ist auch die Zersetzungsfähigkeit der Streumaterialien sehr verschieden.

Auch die einzelnen Strohsorten zeigen in dieser Hinsicht Unterschiede. Während das stickstoffarme Stroh der Getreidearten ziemlich widerstandsfähig ist und sich daher aus diesem Grunde gut zu Einstreu eignet, verfällt das Stroh der Leguminosen wegen seines relativen Reichtums an Eiweißstoffen bedeutend schneller der Zersetzung.

Bezüglich der Menge des als Streu zu verwendenden Strohes wäre schließlich noch zu erwähnen, daß man pro erwachsenes Tier und Tag ungefähr folgende Quantitäten anzuwenden hat:

Rindvieh	4—5	kg
Pferd	2—3	„
Schaf	0,15	„
Schwein	3—3,5	„

Torf-Streu ist der mittelst besonderer Maschinen (wie Reißwolf resp. Torfmühle) zerkleinerte und vom Staube möglichst befreite Moos-Torf oder Fasertorf, welcher u. A. in den norddeutschen Hochmooren vorkommt, wo er in oft bedeutenden Schichten den Brenntorf bedeckt.

Die Torfstreu ist entschieden das wertvollste Ersatzmittel für das Stroh und übertrifft es sogar in mancher Beziehung, wie wir sogleich bei der Besprechung seiner Eigenschaften sehen werden.

Es ist daher mit Genugthuung zu begrüßen, daß die ihr zukommende Bedeutung immer mehr anerkannt wird, und sie sich auch in den kleineren Wirtschaften einzubürgern beginnt.

Fassen wir zunächst das Auffaugungsvermögen der Torfstreu für Flüssigkeiten ins Auge, so ist, wie auch aus obiger Tabelle hervorgeht, zu konstatieren, daß dieselbe etwa doppelt so groß ist, als diejenige des Strohes. Dieser Umstand charakterisiert die Befähigung der Torfstreu als Auffammlungsmaterial für die tierischen Exkremente in obiger Beziehung zur Genüge. Außerdem gestattet die Beschaffenheit der Torfstreu eine weit gleichmäßigere Mischung mit den festen Exkrementen wie Stroh, sowie noch eine gleichmäßigere und leichtere Unterbringung auf dem Felde.

In Bezug auf die Bereicherung des Düngers an Nährstoffen, die aber angesichts des Zwecks der Einstreu bei ihrer Beurteilung erst in zweiter Linie in Betracht kommt, steht die Torfstreu allerdings dem Strohe bedeutend nach. Diese Behauptung

scheint zunächst nicht zutreffend, wenn man die diesbezüglichen, in obiger Tabelle verzeichneten Zahlen mit einander vergleicht. Denn wenn auch der Kali- und Phosphorsäuregehalt der Torfstreu niedriger ist als beim Stroh, so ist doch ihr Stickstoffgehalt ($0{,}_{60}$—$3{,}_{2}$ %), auf den es doch vorzüglich ankommt, sehr günstig.

Aber es sind die Stickstoffverbindungen des Torfes so resistent gegen alle Zersetzungsvorgänge, daß sie praktisch kaum von Bedeutung sind. Durch diese ihre sehr geringe Zersetzungsfähigkeit ist es auch bedingt, daß die Torfstreu, trotz ihres Reichtumes an Stickstoff, so gut wie das stickstoffärmere Stroh die zu rasche Zersetzung der Exkremente zu mäßigen vermag.

Was nun aber die Torfstreu besonders schätzenswert als Streumaterial macht, ist neben ihrer großen Wasserkapacität ihre Fähigkeit, das bei der Zersetzung des Stallmistes stets entstehende Ammoniak in sich aufzunehmen und festzuhalten. Durch diese Eigenschaft wird die Torfstreu direkt zu einem Konservierungsmittel für den mit ihrer Hilfe hergestellten Mist, indem sie denselben vor, durch Verflüchtigung von Ammoniak bedingten Stickstoffverlusten schützt.

Außer für Ammoniak besitzt aber die Torfstreu auch noch für andere Gase ein starkes Absorptionsvermögen, sodaß durch ihre Anwendung die Stallluft nicht nur von den stechenden Ammoniakgasen, sondern auch von anderen übelriechenden Stoffen wesentlich gereinigt und somit gesünder wird. Aus dem Gesagten läßt sich ableiten, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der mit Torfstreu bereitete Mist reicher an leicht löslichen Stickstoffverbindungen sein muß, als wenn man Strohstreu verwendet.

Fleischer hat dieses experimentell geprüft und bestätigt gefunden. Der pro Tag und Kopf produzierte Dünger enthielt:

	bei Stroheinstreu	bei Torfeinstreu
Gesamtstickstoff	$149{,}_{6}$ gr	$171{,}_{4}$ gr
Leicht löslicher Stickstoff . .	$3{,}_{3}$ „	$18{,}_{9}$ „
Schwer löslicher Stickstoff . .	$146{,}_{3}$ „	$152{,}_{5}$ „
Kali	$161{,}_{2}$ „	$148{,}_{4}$ „
Kalk	$87{,}_{5}$ „	$79{,}_{6}$ „
Phosphorsäure	$78{,}_{1}$ „	$72{,}_{9}$ „

Die Menge der zur Einstreu erforderlichen Torfstreu ist geringer als beim Stroh. Man gebraucht pro Tag:

für ein erwachsenes Pferd etwa . .	$2{,}_{5}$ kg
„ „ „ Rind etwa . . .	$3{,}_{0}$ „
„ „ „ Schwein etwa . .	$1{,}_{5}$ „

Von Mendel hat berechnet, daß sich das Torfstreuverfahren nicht unwesentlich billiger gestaltet als das Strohstreuverfahren.

In Anbetracht der soeben beschriebenen Eigenschaften kann die Torfstreu dem Landwirt im allgemeinen entschieden, sei es, je nach den wirtschaftlichen Verhältnissen, als ganzer oder teilweiser Ersatz für das Stroh empfohlen werden.

Aber es muß hierzu einschränkend bemerkt werden, daß sich die Torfstreu doch nicht für alle Tierarten und Böden gleich gut eignet.

Am meisten und längsten gebraucht wird sie in den Pferdeställen. Man streut am besten gleich ein größeres Quantum für mehrere Tage auf einmal aus, vermengt die Streu öfters mit den abgeschiedenen Exkrementen, und mistet alle 8 Tage aus.

Für den Kuhstall verwendet man die Torfstreu am zweckmäßigsten zusammen mit Stroh und zwar wird empfohlen, die Verteilung in der Weise vorzunehmen,

daß das Stroh den Tieren als Lager dienen kann, während die Torfstreu vorzugsweise die Exkremente aufzunehmen hat.

Über die Anwendung der Torfstreu für die Schweineställe gehen die Meinungen auseinander.

Für die Schafställe ist die Torfstreu aus Reinlichkeitsrücksichten nicht empfehlenswert.

Bei der Anwendung der Torfstreu ist ferner auf die Bodenverhältnisse Rücksicht zu nehmen. Die geeignetsten Böden für Torfstreu-Dünger sind die leichten, sandigen Bodenarten, wo es gilt, einen Dünger anzuwenden, der sich nicht zu schnell zersetzt und der zugleich die Bindigkeit, den Humusgehalt und die Wasserkapacität des Bodens zu verbessern vermag. Auf diesen Bodenarten ist der Torfstreu-Dünger nach Versuchen der Moorversuchsstation Bremen dem gewöhnlichen Stalldünger überlegen.

Für schwere, bindige, nasse und kalte Böden dagegen, bei welchen es darauf ankommt, den Boden zu lockern, ist der Stroh-Dung unbedingt vorzuziehen, da er infolge seiner physikalischen Beschaffenheit die Porosität des Bodens am meisten erhöht und so der Luft Zutritt verschafft, während der Torfstreu-Dünger diese Aufgaben nicht zu erfüllen vermag.

Weiter sei noch darauf hingewiesen, daß auch in solchen Wirtschaften, wo man großer Mengen Stalldünger bedarf, die zu ausgedehnte Verwendung von Torfstreu aus dem Grunde nicht ratsam erscheint, weil das Volumen des Torfstreu-Düngers bei weitem geringer ist, als dasjenige des Strohdüngers.

Nach Wolff nimmt der Jahresdünger von zwei Pferden bei Anwendung von Torfstreu höchstens einen Raum von 20 cbm ein, bei Anwendung von Stroh dagegen von 40—48 cbm.

Die Hoffnungen, die man eine Zeit lang auf die schwefelsäurehaltige Torfstreu behufs Bekämpfung ansteckender Tierkrankheiten gesetzt hat, haben sich nicht erfüllt. Diesbezügliche Versuche von Eber und Künnemann haben ergeben, daß es wohl nicht möglich sein wird, durch Anwendung von Torfstreu allein, die Stallseuchen zu verhüten oder zu beschränken.

Für den Ankauf der Torfstreu sei noch erwähnt, daß jede Torfstreu nicht mehr als 30 % Wasser enthalten soll. Man achte ferner darauf, daß dieselbe wirklich nur aus reinem faserigen Moostorf hergestellt und genügend zerkleinert ist.

Der Stickstoffgehalt der aus Süddeutschland stammenden Torfstreu ist meist bedeutend höher als bei den norddeutschen Torfarten.

Die übrigen Einstreumaterialien stehen an Bedeutung hinter den vorbeschriebenen sehr zurück, und können deshalb kürzer behandelt werden.

Unter **Waldstreu** verstehen wir die abgefallenen Blätter und Nadeln, sowie das Reisig der Waldbäume.

Die Waldstreu ist nicht imstande, die Strohstreu zu ersetzen und sollte stets nur in letzter Linie berücksichtigt werden.

Zwar zeigt die Übersicht auf S. 47, daß die wasserhaltende Kraft der Waldstreu durchaus nicht ungünstig ist, und daß sie in dieser Beziehung zum Teil sogar dem Strohe überlegen ist. Aber ihre mechanische, lose und lockere Beschaffenheit macht sie dennoch zur Aufnahme der Exkremente wenig geeignet, weil sie mit diesen einen Mist liefert, der mangels der nötigen Konsistenz der Streumaterialien einen für seine fernere Verwendung ungenügenden Zusammenhang aufweist. Dabei lagert die

Düngermasse, namentlich bei Verwendung von Nadel- und Laubstreu, so dicht zusammen, daß der Luftzutritt in dem Maße erschwert wird, daß ein kalter, im Boden schwer zersetzbarer Mist entsteht.

Betreffs der in den Streumaterialien enthaltenen Nährstoffmengen ist die Waldstreu zwar durchweg dem Strohe bezüglich des absoluten Stickstoffgehaltes überlegen, aber die Stickstoffverbindungen der Waldstreu sind infolge ihrer schwereren Zersetzbarkeit von geringerem Werte.

Alles in allem läßt sich von der Waldstreu sagen, daß sie für sich allein angewandt nur in sehr unvollkommener Weise den Anforderuungen entspricht, die an eine gute Einstreu zu stellen sind.

Ist der Landwirt aber aus irgend welchen Gründen durchaus auf dieselbe angewiesen, so vereinige er dieselbe mit Erdstreu.

Die Frage, ob die Waldstreu-Entnahme vom volks- und forstwirtschaftlichen Standpunkte aus zu billigen ist, wird meist verneint. Es sei jedoch bemerkt, ohne dadurch der Streu-Entnahme in Anbetracht ihres geringen Wertes das Wort reden zu wollen, daß Versuche vorliegen, nach denen eine mäßige Streunutzung ohne Schaden für den Wald zulässig erscheint.

Die Erdeinstreu. Das Aufsaugevermögen der Erde für Flüssigkeiten ist, wenn man gleiche Raumteile mit einander vergleicht, nach den Versuchen Breitenlohners etwas größer als dasjenige des Strohes.

Selbstverständlich ist es aber in hohem Grade abhängig von dem Charakter der verwendeten Erde, in dem Sinne, daß die Wasserkapacität der Erde mit steigendem Humusgehalte zunimmt.

Der Landwirt wird daher auf diesen Umstand bei der Auswahl der als Streu zu benutzenden Erde besonders Rücksicht zu nehmen haben.

Daß durch die Anwendung von Erdstreu der Nährstoffgehalt des Mistes nur unwesentlich erhöht wird, bedarf in Hinblick auf die natürliche Zusammensetzung der Erde keiner weiteren Begründung.

Ein allgemein zutreffendes Urteil darüber, ob durch die Verwendung von Erdstreu-Dünger physikalische Verbesserungen des Bodens erzielt werden, läßt sich schwerlich fällen, da hierbei der verschiedene Charakter der gedüngten und zur Düngung verwandten Erde zu sehr in Betracht kommt. Im großen und ganzen wird aber wohl kaum auf eine nennenswerte physikalische Wirkung zu rechnen sein.

Sehr viel besser ist es um die Erdstreu bestellt, wenn man sie behufs ihrer Fähigkeit die zu rapide Zersetzung der Exkremente zu mäßigen, mit anderen Streu-Materialien vergleicht.

In dieser Beziehung ähnelt sie der Torfstreu, d. h. sie erfüllt nicht nur diesen Zweck sehr gut, sondern sie vermag auch noch das sich bei der Zersetzung bildende Ammoniak zu binden und so dem Dünger zu erhalten. Auf den sanitären Vorteil, der damit verknüpft ist, haben wir bei der Besprechung der Torfstreu bereits kurz hingewiesen.

Unter Berücksichtigung aller vorerwähnten Eigenschaften läßt sich vom rein theoretischen Standpunkte aus nichts gegen die Verwendung der Erdstreu einwenden, wenn es gilt, in Zeiten der Not an Stroh zu sparen.

In den Kreisen der Praktiker begegnet man den widersprechendsten Meinungen über die Anwendbarkeit der Erde als Streumaterial. Während die einen nur günstiges über sie berichten und sich ihrer gerne bedienen, verwerfen die anderen sie

hauptsächlich im Interesse der Reinlichkeit vollständig. So viel dürfte aber feststehen, daß die Verwendung der Erdstreu eine besondere Sorgfalt erheischt. Thatsache ist aber auch, daß sie dort, wo diese in genügender Weise beobachtet wird, dem Landwirt gute Dienste zu leisten vermag. Es giebt Gegenden, woselbst sich die Erdstreu vollständig eingebürgert hat und zwar nicht nur bei kleineren, sondern auch bei größeren Besitzern, gewiß ein Zeichen dafür, daß die praktischen Schwierigkeiten nicht unüberwindbar sind.

Man verwendet die Erdstreu teils für sich allein, teils zusammen mit Stroh-, Torf-, Laub-, Nadel- und Reisig-Streu.

Diese Kombination mit anderen Streumaterialien dürfte im allgemeinen vorzuziehen sein. Für Schweineställe sollte man nie eine Erdstreu anwenden.

Mit den soeben beschriebenen Streumaterialien ist die Reihe derselben keineswegs erschöpft, sondern es sind noch manche andere in Gebrauch, wenn auch ihre Anwendung oft nur eine örtlich beschränkte ist.

So wäre noch zu nennen die Heideplagge, welche der Erdstreu in mancher Beziehung nahe steht und in Heidegegenden von den Landwirten vielfach benutzt wird. Wie die Erde wendet man die Plaggen sehr zweckmäßig in der Weise an, daß man mit ihnen den Boden des Stalles bedeckt und sodann Stroh darauf schichtet. Besonders für Schafställe ist dieses Verfahren geeignet.

Die größeren Seen ferner bieten den anwohnenden Landwirten in den oft in größeren Mengen auf den Strand geworfenen Pflanzen, wie Seegras, Algen, Tangen ein brauchbares Streumaterial.

In neuerer Zeit kommen noch Sägespäne, sowie Holzwolle als Streumaterial in Aufnahme.

Auf diese und die sonst noch üblichen Ersatzmittel näher einzugehen, würde zu weit führen, besonders weil sie zum Teil nur eine lokale Bedeutung besitzen und sich zudem unter Berücksichtigung ihrer specifischen Natur durch Vergleich mit den obigen Angaben bewerten lassen.

Die verschiedenen Stallmistsorten, ihre Zusammensetzung und Eigenschaften. Die von den einzelnen Tierarten produzierten Stallmistmengen.

Die Zusammensetzung des Stallmistes (und damit auch bis zu einem gewissen Grade seine Eigenschaften) ist, wie wir bereits näher ausgeführt haben, von mancherlei Umständen abhängig.

So sahen wir, daß die Individualität der Tiere, die Tendenz der Viehhaltung, das Futter, die Einstreu einen bestimmenden Einfluß auf die Zusammensetzung des Stallmistes ausüben und wir haben auch bereits darauf hingedeutet, daß durch das Lagern Veränderungen seiner Zusammensetzung stattfinden können.

Es würde nun selbstverständlich zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle alle diese Verhältnisse ausführlich berücksichtigen. Wir müssen uns vielmehr darauf beschränken, dieselben nur andeutungsweise zu berühren. Dieses können wir umso eher thun, als wir die Veränderungen, die der Stallmist beim Lagern erfährt in einem der nächsten Kapitel für sich abhandeln werden und wir bereits in den vorstehenden Ausführungen dargelegt haben, in welchem Sinne die Einstreu, das Futter 2c. auf die Beschaffenheit des Mistes einzuwirken vermögen.

Die nachfolgenden Besprechungen beziehen sich daher im allgemeinen auf einen Stallmist, der bei einer normalen Fütterungsweise unter Benutzung von Stroh als Einstreu gewonnen und rationell aufbewahrt wurde.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Zusammensetzung der verschiedenen Arten von Stalldung. Von den zahlreichen hierüber vorliegenden Angaben seien hier die folgenden angeführt:

Prozentarischer Gehalt an	Frischer Rindviehmist		Frischer Pferdemist		Frischer Schafmist		Frischer Schweinemist		Gewöhnlicher Stallmist (frisch) Mittel nach E. Wolff
	Analyse von Holdefleiß	Mittel nach E. Wolff	Analyse von Bretschneider	Mittel nach E. Wolff	Analyse von Bretschneider	Mittel nach E. Wolff	Analyse von Holdefleiß	Mittel nach E. Wolff	
Trockensubstanz	22,53	22,5	27,87	28,70	31,70	35,40	24,17	27,60	—
Gesamt-Stickstoff	0,42	0,34	0,66	0,58	0,61	0,83	0,65	0,45	0,45
Phosphorsäure	0,19	0,16	0,12	0,28	0,21	0,23	0,95	0,19	0,21
Kali	0,52	0,40	0,59	0,53	0,76	0,67	0,39	0,60	0,52
Kalk	0,43	0,31	0,41	0,21	0,59	0,33	0,01	0,08	0,57
Magnesia	0,16	0,11	0,17	0,14	0,05	0,18	—	0,09	0,14
Schwefelsäure	0,12	0,06	0,30	0,07	0,28	0,15	—	0,08	0,12

In Anbetracht der Thatsache, daß die Zusammensetzung des Stallmistes je nach der Fütterungsweise 2c. nicht unbedeutenden Schwankungen unterliegt, können diese Angaben selbstverständlich keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen, sondern nur den Zweck verfolgen, eine allgemeine Charakteristik der verschiedenen Mistarten zu geben.

Entsprechend den beiden Bestandteilen des Stallmistes — den tierischen Exkrementen und der Streu — können wir zwei verschiedene Eigenschaften an ihm unterscheiden, die pflanzenernährenden und die bodenverbessernden. Jene werden wesentlich durch die Exkremente bedingt, diese durch die Einstreu.

Die Zusammensetzung der Exkremente, und in dieser Hinsicht wiederum ihr Gehalt an Stickstoffverbindungen und zwar an leicht löslichen Stickstoffverbindungen wird daher in erster Linie maßgebend für den Nährwert des Stallmistes sein.

In welchem Maße nun die Zusammsetzung der Exkremente, diejenige des zugehörigen Mistes beeinflußt, läßt sich am leichtesten ermessen, wenn wir die obigen diesbezüglichen Daten mit denjenigen der betreffenden Exkremente vergleichen. Führen wir dieses für den wichtigsten Nährstoff, den Stickstoff, aus, so finden wir folgendes:

Nach Wolff enthalten:

1000 Teile Schafkot . . . . 5,5 Teile Stickstoff
„ „ Pferdekot . . . . 4,4 „ „
„ „ Rinderkot . . . . 2,9 „ „

„ „ Schafharn . . . . 19,5 „ „
„ „ Pferdeharn . . . . 15,5 „ „
„ „ Rinderharn . . . . 5,8 „ „

1000 Teile Schafmist	. . . .	$8_{,3}$ Teile	Stickstoff
„ „ Pferdemist	. . . .	$5_{,8}$ „	„
„ „ Rindermist	. . . .	$3_{,4}$ „	„

Die Relationen zwischen dem Stickstoffgehalt der Exkremente und des Mistes gehen aus dieser Zusammenstellung deutlich hervor. Von der Einreihung des Schweinekotes 2c. in obige Zusammenstellung haben wir an dieser Stelle Abstand genommen, weil die diesbezüglichen Zahlen allzugroßen Schwankungen unterliegen und es ausführlicher Darlegungen bedürfen würde, ihnen den richtigen Platz anzuweisen.

Aber nicht nur die chemische Zusammensetzung des Stalldungs, sondern überhaupt sein ganzer Charakter wird von der Beschaffenheit der Exkemente in erster Linie beeinflußt und ist abhängig sowohl von der mechanischen als auch von der chemischen Natur derselben.

Hinsichtlich ihres allgemeinen Charakters unterscheiden wir die verschiedenen Dungarten, gewöhnlich als „hitzig" und „kalt" und wir haben bereits bei der Besprechung der Exkremente (auf Seite 45) näher dargelegt, daß diese Eigenschaften in direktem Zusammenhange stehen mit der größeren oder geringen Zersetzungsfähigkeit der Mistarten, die ihrerseits wiederum u. A. abhängig ist von der Konzentration und dem Stickstoffgehalt des Harnes und der Porosität des Kotes.

Die an der angegebenen Stelle für die Exkemente gemachten diesbezüglichen Ausführungen, lassen sich nun ohne weiteres auf die zugehörigen Mistarten übertragen und führen zu dem Ergebnis, daß der Schafdünger und Pferdedünger zu den „hitzigen", der Rinderdünger und Schweinedünger dagegen zu den „kalten" Düngerarten zu rechnen ist.

Die pflanzenernährenden Eigenschaften des Stallmistes werden, wie schon wiederholt erwähnt, in erster Linie durch seinen Stickstoffgehalt bedingt, in zweiter Linie durch seinen Gehalt an sonstigen Nährstoffen. Da nun aber unter den verschiedenen im Stallmist enthaltenen Stickstoffverbindungen die aus dem Harne stammenden, infolge ihrer Zusammensetzung den bei weitem größten Nährwert besitzen (s. Seite 43), so ist es klar, daß derjenige Stallmist der wertvollste ist, welcher diese leicht assimilierten Stickstoffverbindungen in größtem Maße in sich vereinigt.

Dieses hat der praktische Landwirt wohl zu beachten, und es ergiebt sich für ihn daraus die Aufgabe, sich diese leicht löslichen und darum so wertvollen Stickstoffverbindungen durch eine zweckentsprechende Aufbewahrung nicht nur zu erhalten, sondern auch dafür Sorge zu tragen, wenn anders er von dem Stallmist diejenige Wirkung erzielen will, die er von ihm erwarten darf, daß der Stallmist als das auf das Feld gelangt, was er sein soll, nämlich als ein einheitliches Gemisch der festen und flüssigen tierischen Exkremente und der Streu. Je ärmer aber der zur Düngung verwendete Stallmist an diesen dem Harne entstammenden Stickstoffverbindungen ist, um so schwächer wird auch seine Wirkung sein.

Dafür, daß der Stallmist stets als ein einheitliches Ganze zur Anwendung gelangen sollte, spricht noch weiter der schon früher besprochene Umstand (vergl. S. 46), daß sich die festen und flüssigen Exkremente hinsichtlich ihres Nährstoffgehaltes gegenseitig ergänzen und nur in ihrer Gesamtheit den Charakter des Stallmistes als vollständigen Dünger bedingen.

In Bezug auf den Nährwert der einzelnen Düngerbestandteile ist dem früher über diesen Gegenstand Gesagten (vergl. S. 42) an dieser Stelle nichts hinzufügen. Es sei hier noch kurz erwähnt, daß die Ausnutzungsfähigkeit derselben und besonders der mineralischen Nährstoffe im allgemeinen und bis zu einem gewissen Grade mit der fortschreitenden Zersetzung des Stallmistes zunimmt.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Mastviehdünger reicher an Nährstoffen ist als derjenige des Nutzungsviehes, und der vom Jungvieh stammende Dünger ärmer daran ist als derjenige der erwachsenen Tiere, wie wir es ja auch schon bei der Besprechung des Stoffwechsels (vergl. S. 39, 43) kennen gelernt haben.

In welcher besonderen Weise sich nun die bodenverbessernden Eigenschaften des Stallmistes äußern und von welcher Bedeutung der Wirkungswert des Stallmistes, insbesondere in Bezug auf seinen Stickstoffgehalt ist, werden wir in späteren Kapiteln abzuhandeln haben.

Der **Rindermist** wird von allen Dungarten in größter Menge gewonnen. Nach den Beobachtungen von Henneberg, Stohmann und Rautenberg kann man darauf rechnen, daß von 1000 kg Lebendgewicht, je nach der Fütterung, durchschnittlich pro Tag $70_{,0}$ bis $90_{,0}$ kg, oder pro Jahr 250 bis 330 DCtr. frischen Düngers produziert werden. Unter der Annahme, daß das Gewicht des mäßig verrotteten Düngers 80 % der frischen Masse ausmacht, entspricht dieses 200 bis 260 DCtr. oder 20 bis 26 Fuder (à 1000 kg) Stallmist in gelagertem Zustande.

Der Rindermist ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung besonders hohen Schwankungen ausgesetzt, da die Ernährungsweise des Rindviehes bekanntlich je nach dem Nutzungszwecke eine sehr wechselnde ist. Allgemein läßt sich jedoch sagen, daß der Rindviehmist relativ arm an Trockensubstanz ist. Sein Gehalt daran variiert zwischen 20 bis 25 %, während der Pferdemist durchschnittlich 25 bis 30 % und der Schafmist 30 bis 35 % Trockensubstanz aufweist.

Diese wässerige Beschaffenheit des Rindermistes rührt daher, daß das Rindvieh verhältnismäßig große Wassermengen (3 bis 6 kg auf 1 kg Futtertrockensubstanz) zusammen mit dem Futter aufnimmt und steht andererseits, wie wir dieses oben besprochen haben, im engen Zusammenhange mit denjenigen Eigenschaften (geringe Zersetzungsfähigkeit, langsame Selbsterwärmung beim Lagern), die seinen Charakter als kalten Dünger begründen.

Infolge seiner schweren Zersetzbarkeit ist natürlich auch seine Wirkung eine langsame, insofern als seine Nährstoffe nur schwierig in den aufnahmefähigen Zustand übergeführt werden. Aber hierdurch wird auch wiederum bedingt, daß seine Wirkung eine länger andauernde ist. Man kann annehmen, daß dieselbe je nach der Bodenart 2 bis 4 Jahre währt.

Mit Rücksicht auf diese Eigenschaften ist es, sofern man zwischen verschiedenen Mistarten die Wahl hat, angezeigt, den Rindermist nicht auf sehr schweren, bindigen und humosen, sondern auf den leichteren Bodenarten anzuwenden, und zwar aus Gründen, die in dem Kapitel über die Anwendung des Stallmistes näher erörtert werden sollen. An diesem Orte möge die Bemerkung vorläufig genügen, daß es vorzüglich die für die Wirkung des Rindermistes günstigeren physikalischen Eigenschaften der leichteren Böden sind, die seine Verwendung auf demselben angezeigt sein lassen.

Der **Pferdemist.** Während infolge der, im Vergleich zu dem Rindvieh, bei weitem gleichmäßigeren Fütterung der Pferde auch die Zusammensetzung des Pferdemistes eine viel konstantere ist, und aus diesem Grunde auch die darauf bezüglichen Angaben weniger schwanken und daher ein zutreffenderes Bild von seiner mittleren Zusammensetzung zu gewähren vermögen, als dieses bei dem Rindermist der Fall ist, ist es andererseits nicht möglich, dem Landwirt hinsichtlich der vom Pferde zu erwartenden Düngermengen so genaue Angaben zu machen, wie wir dieses hinsichtlich des Rindermistes zu thun imstande waren.

Der Grund hierfür ist nicht etwa darin zu suchen, als ob uns für eine genügend genaue Bestimmung resp. Berechnung der vom Pferde abgeschiedenen Exkremente die nötigen Unterlagen fehlten, sondern es ist der Umstand, daß das Pferd, seinem Nutzungszwecke zufolge, am Tage meistens außerhalb des Stalles weilt, der es unmöglich macht, in zutreffender Weise zu bestimmen, wieviel von dem überhaupt produzierten Dünger der Wirtschaft zu gute kommt und wieviel davon verloren geht.

Gemeiniglich nimmt man an, daß ein Drittel, ja bis zur Hälfte der Exkremente während der Arbeitszeit der Pferde verloren geht.

Um diese Größen werden wir demnach die nachstehenden Angaben zu reduzieren haben, um zu einem annähernd richtigen Ausdruck für die von den Pferden der Düngerstätte gelieferten Düngermengen zu gelangen.

Die von einem Pferde von etwa 500 kg Lebendgewicht erzeugte Mistmenge beläuft sich pro Tag auf ungefähr 25 kg Dünger im frischen Zustande. Dieses entspricht ca. 90 DCtr. pro Jahr. Dementsprechend berechnet sich die Mistmenge für den mäßig verrotteten Zustand auf ca. 70 DCtr. pro Jahr. Unter der Voraussetzung, daß von der produzierten Mistmenge etwa $^1/_3$ verloren geht, würden demnach von der obigen Menge nur 60 DCtr. pro Jahr auf die Dungstätte gebracht werden können.

Im Gegensatz zu dem Rindermist ist der Pferdemist infolge seines geringeren Feuchtigkeitsgehaltes, der lockeren Beschaffenheit der festen, und des höheren Gehaltes der flüssigen Exkremente des Pferdes ein hitziger Dünger und unterliegt einer schnelleren und energischeren Zersetzung als jener. Von dieser schnellen Zersetzungsfähigkeit legt schon der in den Pferdeställen wahrnehmbare stechende Geruch nach Ammoniak Zeugnis ab.

Suchen wir nach einer Erklärung für diese unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Düngerarten, so ist dieselbe unschwer in der verschiedenen Ernährung und dem verschiedenen Verdauungsvermögen der betreffenden Tiere zu finden, insofern, als das Pferd durchschnittlich einmal trockener und mit relativ mehr Kraftfutter ernährt wird als das Rindvieh, und sodann nicht in dem Maße wie das wiederkäuende Rind imstande ist, eine gleich feine Zerkleinerung der Futtermassen zu bewirken. Hierzu kommt, daß das Pferd für die Rauhfutter spec. die Rohfaser derselben ein geringeres Verdauungsvermögen besitzt. Es liegt auf der Hand, daß der erstere Umstand eine stärkere Konzentration und einen höheren Stickstoffgehalt des Pferdeharnes bedingen muß und auf dem zweiten Umstande dürfte die Porosität des Pferdekotes zurückzuführen sein.

Mit Rücksicht auf seine leichte Zersetzbarkeit und die dadurch bedingte schnelle Wirkung eignet sich der Pferdemist, wie wir dieses bei der Besprechung der Anwendung des Stallmistes näher begründen werden, am besten für die schweren, kalten Bodenarten.

Ist seine Verwendung auf solchen Boden aus wirtschaftlichen Gründen nicht angängig, oder stehen nur geringe Mengen dieses Düngers zur Verfügung, so vermischt man ihn am zweckmäßigsten mit den übrigen Mistarten.

Die schnellere Zersetzbarkeit des Pferdemistes gegenüber dem Rindermiste hat natürlich andererseits zur Folge, daß seine Wirkung von kürzerer Dauer ist als die des letzteren. Man nimmt an, daß sich seine Wirksamkeit unter normalen Verhältnissen über einen Zeitraum von 2 Jahren erstreckt.

Der **Schafmist**. Trotzdem das Schaf und das Rind derselben Tier-Ordnung angehören, zeigen die betreffenden Dungarten einen entgegengesetzten Charakter. Zwar ähneln die festen Exkremente des Schafes denen des Rindes insofern, als sie gleich diesen die Futter-Überreste in feiner zerteiltem Zustande enthalten, als dieses beim Pferdekot der Fall ist. Aber der Schafdung unterscheidet sich sehr wesentlich dadurch vom Rindermist, daß er einen weit geringeren Wassergehalt besitzt und deshalb die Nährstoffe in größerer Konzentration in sich enthält. Der Schafdünger ist überhaupt vor allen Mistarten, welche uns von den landwirtschaftlichen Nutztieren geliefert werden, dadurch ausgezeichnet, daß er am reichsten an Nährstoffen ist.

Die Tabellen auf Seite 41, 44 und 54 lassen diese Verhältnisse klar zum Ausdruck kommen.

Die angezogenen Eigenschaften charakterisieren den Schafmist zur Genüge als einen hitzigen Dünger; daß die Exkremente des Schafes trockener sind als z. B. diejenigen des Rindviehes, steht mit dem Umstande in Einklang, daß die Schafe bedeutend weniger Wasser im Futter und Tränkwasser (auf 1 kg Futtertrockensubstanz cirka 2 kg Wasser) aufnehmen, als dieses beim Rinde der Fall ist.

Wenn nun der Schafmist trotz seines größeren Nährstoffreichtums und spec. seines größeren Stickstoffgehaltes und trotz seiner trockeneren Beschaffenheit hinsichtlich seiner Zersetzungsfähigkeit dem Pferdemist nicht überlegen ist, sondern eher nachsteht, so mag dieses mit seiner geringeren Porosität gegenüber dem Pferdemist im ursächlichen Zusammenhange stehen.

Was nun die vom Schafe produzierten Düngermengen anlangt, so kann man annehmen, daß von einem Tiere von cirka 45 kg Lebendgewicht etwa $2{,}_5$ kg Mist im frischen Zustande geliefert werden. Es entspricht dieses einer Jahresproduktion von cirka 9 DCtr. frischem resp. $7{,}_5$ DCtr. mäßig verrottetem Dünger. Den Schafmist wendet man gewöhnlich für sich an und zwar seinen hitzigen Eigenschaften entsprechend richtiger auf den schweren und kalten Thon- und Humusböden als auf den leichteren und wärmeren Sandböden.

Der **Schweinemist** besitzt, wie wir dieses bereits an anderer Stelle hervorgehoben haben, entsprechend der ungemein wechselnden Ernährungsweise des Schweines, eine sehr ungleichmäßige Zusammensetzung. Demzufolge ist natürlich auch sein Wert ein sehr verschiedener. Während der bei der gewöhnlichen, stickstoffarmen Fütterung (mit Kartoffeln, Rüben, Spülicht 2c.) von den Schweinen produzierte Dünger naturgemäß von minderwertiger Beschaffenheit ist, steht andererseits der von Mastschweinen gewonnene Dünger, wie die Erfahrung gezeigt hat, den übrigen Dungarten durchaus nicht nach. Auf diese, durch die Fütterung bewirkte große Veränderung des Schweinemistes dürften auch die widersprechenden Ansichten zurückzuführen sein, denen man, wie hinlänglich bekannt, über den Wirkungswert des Schweinemistes oft begegnet.

Der Schweinemist gelangt am zweckmäßigsten nach vorheriger Vermischung mit anderen Dungarten zur Anwendung, weil die zu Gebote stehenden Quantitäten meist zu gering sind, um seine gesonderte Verwendung thunlich erscheinen zu lassen.

Für sich angewandt, eignet er sich seines im allgemeinen kalten Charakters wegen besser für die warmen und leichten Bodenarten, als für die kalten und schweren.

Die von einem Schweine (von etwa 100 kg Lebendgewicht) gewonnene Menge frischen Mistes beträgt pro Tag etwa 5 bis 6 kg. Pro Jahr liefert demnach ein Schwein cirka 18 bis 22 DCtr. frischen oder 14 bis 18 DCtr. verrotteten Dünger.

Die Angaben, die wir bis jetzt über die von den landwirtschaftlichen Nutztieren erzeugten Mistmengen gemacht haben, sind Erfahrungs-Zahlen. Aus diesem Grunde liefern sie zwar gute Anhaltspunkte für die durchschnittlich zu gewinnenden Mistmengen, aber für alle Verhältnisse können sie natürlich nicht zutreffend sein, weil eben die Masse des produzierten Stalldungs ganz abhängig ist von dem jeweilig verabreichten Futter und der angewandten Einstreu.

Von dem Futter und der Einstreu werden wir also ausgehen müssen, wenn wir uns darüber vergewissern wollen, welches Quantum von Stallmist wir in einem bestimmten Falle zu erwarten haben.

In den folgenden Zeilen soll diese Art der Berechnung dargelegt werden.

Methode zur Berechnung der produzierten Mistmenge und ihres Gehaltes an Pflanzen-Nährstoffen.

Wir haben bereits an früherer Stelle (vergl. S. 40) darauf hingewiesen, daß man im allgemeinen annehmen kann, daß von der im Futter gereichten Trockensubstanz etwa 50 % als sogenannte insensible Ausscheidungen durch Lunge und Haut von Tierkörper re- resp. perspiriert werden. Die übrigen 50 % der verfütterten Trockensubstanz gelangen dagegen im Kot und Harn zur Abscheidung.

So wurden z. B. nach Versuchen von Wolff auf 100 Gewichtsteile der im Futter enthaltenen Trockensubstanz in dem frischen Kot und im Harn der Tiere folgende Mengen wiedergefunden:

	Kuh	Ochse	Hammel	Pferd	Mittel.
Im Kot:	38,0	44,0	42,6	46,7	42,8
Im Harn:	5,8	6,3	6,8	5,7	6,2
Gesamtmenge:	43,8	50,3	49,4	52,4	49,0

Auf Grund dieser Zahlen und unter der Annahme, daß der frische Stallmist im Durchschnitt 25 % Trockensubstanz neben 75 % Wasser enthält, sind wir imstande annähernd richtig zu berechnen, wieviel Stallmist in einem bestimmten Falle gewonnen werden kann. Zu diesem Zwecke brauchen wir nur mit Hilfe der darüber vorliegenden Tabellen*) das verabreichte Futter auf seinen Gehalt an Trockensubstanz umzurechnen, zu der Hälfte derselben die gesamte Menge der in der Einstreu enthaltenen Trockensubstanz hinzuzuzählen und die so erhaltene Zahl mit 4 zu multiplizieren. Das Produkt dieser Rechnung giebt uns sodann an, welches Quantum Stallmist im frischen Zustande unter dem Einfluß des verabfolgten Futters und der angewandten Streu erhalten worden ist.

---

* Am Schlusse des Buches befinden sich Tabellen über die Zusammensetzung u. s. w. der Futtermittel.

Da nun im allgemeinen die tägliche Futterration so bemessen wird, daß auf 1000 kg Lebendgewicht etwa 24 kg Trockensubstanz verfüttert werden und da man ferner annehmen kann, daß an Streustroh etwa $^1/_4$ des Gewichtes der Futtertrockensubstanz verabreicht wird, so berechnet sich unter diesen Verhältnissen die Düngerproduktion auf $(12 \text{ kg} + 6 \text{ kg}) \times 4 = 72$ kg.

Es wird also an frischem Stallmist durchschnittlich die dreifache Menge der im Futter enthaltenen Trockensubstanz produziert.

Unter Zugrundelegung der obigen Verhältnisse kann man bei der Berechnung der Stallmistproduktion auch von dem Lebendgewicht der Tiere ausgehen und annehmen, daß pro kg Lebendgewicht etwa $0,_{072}$ kg Stallmist gewonnen werden. Außer dieser Methode, die ihrer Einfachheit halber in der Praxis am meisten benützt wird, giebt es noch eine andere, die zwar umständlicher, aber dafür auch genauer ist, weil sie der verschiedenen Verdaulichkeit Rechnung trägt. Nach ihr berechnet man an der Hand der diesbezüglichen Tabellen direkt aus dem innerhalb einer gewissen Zeit verabreichten Futter den unverdaulichen Anteil desselben, welcher in den Kot übergeht. Zu dieser Menge zählt man die im Harn enthaltene Trockenfuttersubstanzmenge hinzu. Hierfür kann man mit genügender Genauigkeit annehmen, daß von der im Futter aufgenommenen Trockensubstanz etwa 6 % durch den Harn zur Ausscheidung gelangen.

Die so erhaltene Gesamtmenge der unter dem Einfluß des Futters abgesonderten Trockensubstanz der festen und flüssigen Exkremente wird sodann auf wasserhaltige Exkremente umgerechnet, wobei man annehmen kann, daß die Exkremente der verschiedenen in Betracht kommenden Tierarten in 100 Teilen folgende Mengen Trockensubstanz enthalten: Rind $12,_5$ Teile, Pferd 22 Teile, Schaf 33 Teile und Schwein 10 Teile.

Rechnet man nun noch die angewandte Einstreu hinzu, so erhält man die Gesamtmenge des frischen Stallmistes, (mit Einschluß der Jauche) welche unter den obwaltenden Verhältnissen produziert worden ist.

Ein Beispiel möge diese Rechnungsweise erläutern.

Bei einem von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Jena ausgeführten Versuche wurden an 8 Kühe, die zusammen rund 4200 kg wogen, zu einem besonderen Zwecke täglich verfüttert:

92 kg Wiesenheu, 25 kg getrocknete Schnitzel,
$10,_5$ kg Erdnußschrot, $0,_{17}$ kg Viehsalz.

Als Einstreu wurden täglich 42 kg Stroh verwandt. Hiernach berechnet sich die Düngerproduktion in folgender Weise:

Futter	darin Trockensubstanz %	= Trockenfutter in kg	Von der Trockensubstanz unverdaulich %
92 kg Wiesenheu	$85,_7$	$79,_{00}$	40
25 kg getr. Schnitzel	$88,_4$	$22,_{00}$	18
$10,_5$ kg Erdnußkuchenschrot	$90,_2$	$9,_{50}$	15
		Sa. $110,_{50}$ kg	

davon gelangen 6 % = $6,_{63}$ kg in den Harn.

Von der Trockensubstanz werden also durch den Kot ausgeschieden:

	31,60 kg	herrührend von dem Wiesenheu
	4,00 kg	herrührend von den Schnitzeln
	1,40 kg	herrührend von dem Erdnußschrot
=	37,00 kg	Kot-Trockensubstanz
+	6,63 kg	Harn-Trockensubstanz
=	43,63 kg	Trocken-Exkremente mit 12,50 % Trockensubstanz
×	8	
=	349,04 kg	wasserhaltige Exkremente
+	42,00 kg	Streustroh
Sa.	391,04 kg	frischer Mist.

Die produzierte Mistmenge berechnet sich demnach auf rund 390 kg pro Tag. Thatsächlich wurden, wie die vorgenommenen Wägungen ergaben, cirka 400 kg erhalten.

Ebenso wie man die Quantität des Stallmistes aus dem Futter und der Einstreu berechnen kann, ist dieses auch für die Qualität, d. h. hinsichtlich seiner Zusammensetzung, angängig.

Am einfachsten gestaltet sich eine derartige Berechnung bei solchen Tieren, welche außer den Exkrementen keine anderen Stoffe, wie Milch, Fleisch u. s. w. produzieren, also bei Arbeitstieren, die sich auf dem Erhaltungsfutter befinden. Man kann, wie dieses schon früher besprochen ist, unter diesen Verhältnissen annehmen, daß sämtliche im Futter enthaltenen Pflanzennährstoffe wiederum durch Kot und Harn abgeschieden werden.*)

Durch eine einfache Summierung der innerhalb eines bestimmten Zeitraumes verfütterten Pflanzennährstoffe und derjenigen, welche in der Einstreu enthalten sind, ergiebt sich daher der Gehalt des auf eben diesen Zeitraum entfallenden Düngers an Stickstoff, Phosphorsäure, Kali u. s. w.

Findet dagegen, wie dieses bei Milchvieh, Jungvieh, Mastvieh und trächtigen Tieren der Fall ist, innerhalb des Tierkörpers Stoffansatz resp. Stoffabscheidung statt, so muß natürlich die darin enthaltene Menge an Stickstoff und Mineralsubstanzen von der im Futter gereichten in Abzug gebracht werden.

Die nachstehende Tabelle giebt darüber Aufschluß, welche Nährstoffmengen auf diese Weise vom Tierkörper zurückgehalten werden.

Es sind enthalten in 1000 Gewichtsteilen:

	Stickstoff	Gesamtasche	Phosphorsäure	Kali	Kalk	Magnesia
Milch	5,4	7,2	2,0	1,7	1,7	0,2
Zunahme bei Mastvieh	11,6	2,9	1,3	1,2	0,1	0,1
Jungvieh, Rinder . .	25,8	42,3	16,2	2,1	18,6	0,6
„ Schafe . .	22,4	31,7	12,3	1,5	13,2	0,4

Bei der Anwendung dieser Berechnungsweise für die Qualität darf jedoch nicht vergessen werden, daß sie nur Näherungswerte, keine absolut genauen Zahlen zu liefern vermag, denn einmal liegt ja der Berechnung nur die mittlere, durchschnittliche und nicht die besondere Zusammensetzung der in einem bestimmten Falle angewandten Futterstoffe zu Grunde und zweitens wird angenommen, daß kein Verlust an Nährstoffen stattfindet. Daß aber die Futtermittel oft beträchtliche Abweichungen von

*) Über die Art der Abscheidung vergleiche Seite 42.

ihrer mittleren Zusammensetzung aufweisen und daß sich in der Praxis bei der Düngergewinnung gewisse, oft unkontrollierbare Verluste an Pflanzennährstoffen, besonders an Stickstoff zur Zeit nicht ganz vermeiden lassen, ist bekannt.

Die **Jauche**, auch Adel, Pfuhl, Gülle genannt, ist die aus dem Stalle resp. der Dungstätte abfließende Flüssigkeit. Ihrem Ursprunge nach entstammt sie wesentlich den flüssigen Exkrementen der Tiere, dem Harne. Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung weicht sie jedoch nicht unwesentlich von demselben ab, wie folgende Zusammenstellung von A. Meyer zeigen möge.

Es enthielt:

		Harn vom		
	Mistjauche	Pferd	Rindvieh	Schaf
Stickstoff . . .	$0_{,16}$ %	$1_{,50}$ %	$0_{,3}$—$0_{,9}$ %	$1_{,3}$—$2_{,5}$ %
Phosphorsäure .	$0_{,01}$ %	—	—	—
Kali	$0_{,49}$ %	$1_{,60}$ %	$1_{,30}$ %	$2_{,10}$ %

Die Mistjauche war aus einer unbedeckten Düngerstätte gesammelt.

Obige Zahlen entsprechen auch denjenigen, die E. Wolff für die mittlere Zusammensetzung der Jauche angiebt.

Es darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß die Zusammensetzung der Jauche innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. Die Zusammensetzung der Exkremente, denen sie entstammt, das längere oder kürzere Aufeinanderwirken der festen und flüssigen Exkremente, die mannigfachen chemischen Veränderungen, die sie beim Aufbewahren erleidet, die Verdünnung, die sie durch atmosphärische Zuflüsse erfährt, die verschiedene Art der Aufbewahrung sind Faktoren, die ihren Gehalt an Nährstoffen beeinflussen und deren Einfluß bei ihrer Beurteilung zu berücksichtigen ist.

Wie sehr der Gehalt der frischen, direkt aus dem Stalle abgelaufenen Jauche verschieden ist von dem in obigen Zahlen angegebenen mittleren Gehalt der Mistjauche, ergiebt sich aus Untersuchungen Heidens, welcher in frischer Stall-Jauche

$0_{,563}$ % Stickstoff in Form von Ammoniak,
$0_{,045}$ % Stickstoff in Form organischer Verbindung,
$1_{,123}$ % Kali,
$0_{,022}$ % Phosphorsäure fand.

Nach zahlreichen Untersuchungen der Versuchsstation Jena enthielt frische Stall-Jauche im Durchschnitt

$0_{,540}$ % Stickstoff,
$1_{,286}$ % Kali,
$0_{,007}$ % Phosphorsäure.

Wurde der Stallmist nicht täglich, sondern wöchentlich aus dem Stalle geschafft, so nahm der prozentarische Gehalt der abfließenden Jauche sowohl an Stickstoff wie Kali gegen Ende der Woche etwas ab.

Nach allen diesen Analysen geht aber klar hervor, daß die Jauche in erster Linie ein stickstoff- und kalihaltiger Dünger ist.

Der Gehalt an Phosphorsäure ist zu gering, als daß er eine besondere Beachtung beanspruchen könnte.

Die Menge der aus dem Stalle abfließenden Jauche kann ebenfalls sehr schwanken.

Bei Versuchen der Versuchsstation Jena stellte sich z. B. heraus, daß bei normaler Fütterung und Einstreu (vergleiche hierüber die Angaben auf Seite 60)

und beim täglichen Ausmisten pro Kopf Milchvieh mit durchschnittlichem Gewicht von 525 kg täglich cirka $8_{,25}$ kg Jauche aus dem Stalle abliefen.*)

Diese Menge verminderte sich von Tag zu Tag, wenn das Ausmisten des Stalles nur in wöchentlichen Perioden vorgenommen wurde.

Der Wirkungswert der in der Jauche enthaltenen Pflanzennährstoffe, also vornehmlich des Stickstoffs und des Kalis, ist ein sehr günstiger, da dieselben im gelösten und leicht assimilierbaren Zustande in der Jauche vorhanden sind.

Der Stickstoff kommt in der Jauche, wie die oben angeführte Analyse Heiden's erkennen läßt, fast ausschließlich als Ammoniak-Stickstoff vor.

Dementsprechend ist die Wirkung einer Jauchen-Düngung eine schnelle aber weniger nachdauernde. Einen günstigen physikalischen Einfluß vermag die Jauche auf den Boden mangels eines größeren Gehaltes fester organischer Substanzen nicht auszuüben.

Der Hauptwert der Jauche liegt in ihrem Gehalt an Stickstoff, und es ist daher Aufgabe des Landwirtes, sich vor Verlusten an diesem Nährstoffe, die teils durch Fortfließen oder Versickern der Jauche, teils durch Verflüchtigung derselben bedingt sein können, nach Kräften zu schützen.

Auf welche Weise dies geschehen kann, werden wir in dem nächsten Kapitel besprechen.

Veränderungen des Mistes während des Lagerns. Die rationelle Aufbewahrung des Mistes und der Jauche. Die Dungstätte.

Wenn wir die Bestandteile des Stalldüngers, die Exkremente und die Einstreu, im chemischen Sinne weiter zergliedern, so gelangen wir zu dem Ergebnisse, daß sie aus Wasser, organischer Substanz und Mineralstoffen bestehen. Die organischen Stoffe ihrerseits lassen sich wiederum in stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper trennen. Unter den stickstoffhaltigen Körpern finden wir im Stallmist neben dem Harnstoff, der Harnsäure und Hippursäure vornehmlich die Eiweißstoffe vertreten. Als Vertreter der stickstofffreien Körper treten uns hauptsächlich die Celluloſe und andere zur Gruppe der Kohlehydrate gehörende Stoffe wie Zucker und Stärke, sowie Fett entgegen.

Diese in dem Stallmist enthaltenen organischen Substanzen sind es nun, welche beim Lagern desselben der Zersetzung unterliegen. Den Sinnen macht sich dieser Zerfall der organischen Substanzen außer durch den Geruch dadurch wahrnehmbar, daß der Mist beim Lagern seine äußere Beschaffenheit ändert, daß er braun bis schwarz gefärbt wird und unter Umständen „speckig" wird, sowie dadurch, daß er allmählich an Masse abnimmt.

Bevor wir auf die beim Lagern des Stallmistes vor sich gehenden Zersetzungen eingehen, müssen wir uns zunächst die Fragen vorlegen, welches Interesse denn überhaupt dieselben für den Landwirt besitzen. Verfolgen wir zu diesem Zwecke die Veränderungen, welche der Stallmist beim Lagern erleidet, an einem Beispiel.

Holdelfleiß überließ einen Misthaufen, dessen Zusammensetzung er ermittelt hatte, der freiwilligen Zersetzung. Nach Verlauf von 7 Monaten (der Versuch

*) Nach Untersuchungen Heidens werden vom Rindvieh pro 1000 kg Lebendgewicht und Jahr mindestens 6000 l frischer Jauche erzeugt, also annähernd die gleiche Menge, wie sie in obigen Zahlen ausgedrückt ist.

dauerte vom 6. Juni 1884 bis 6. Januar 1885) wurde der Haufen, dessen Lagerung den auf einer normalen Düngerstätte, vorhandenen Verhältnissen entsprach, wiederum untersucht. Die Veränderungen die er während dieser Zeit erlitten, ergeben sich aus nachstehenden Tabellen.

	Prozentischer Gehalt des Düngers bei Beginn des Versuches 6. Juni 1884	Absoluter Gehalt des Düngers bei Beginn des Versuches 6. Juni 1884	Prozentischer Gehalt des Düngers am Ende des Versuches 6. Januar 1885	Absoluter Gehalt des Düngers am Ende des Versuches 6. Januar 1885
Düngermasse		6150 kg		4200 kg
Trockensubstanz	19,10 %	1174,6 „	19,25 %	808,5 „
Gesamt-Stickstoff	0,396 „	24,35 „	0,444 „	18,65 „
Stickstoff als Ammoniak	?	?	0 „	0 „
Stickstoff als Salpetersäure	0 „	0 „	0,0101 „	0,42 „
Phosphorsäure	0,148 „	9,10 „	0,210 „	8,82 „
Kali	0,511 „	31,43 „	0,725 „	30,45 „
Kalk	0,424 „	26,08 „	0,640 „	26,88 „
Magnesia	0,170 „	10,45 „	0,262 „	11,00 „

Aus vorstehenden Angaben ergiebt sich die folgende Bilanz:

	Düngermasse	Trockensubstanz	Gesamt-Stickstoff
Frischer Dünger	6150 kg	1174,6 kg	24,35 kg
Alter Dünger	4200 „	808,5 „	18,65 „
Verlust	1950 kg	366 kg	5,70 kg
in Prozenten der ursprünglichen Menge	31,7 %	31,2 %	23,4 %

Abnahme der Trockensubstanz verhält sich wie 100 : 68,8,
Abnahme des Stickstoffes verhält sich wie 100 : 76,6.

Aus diesen Zahlen ersehen wir zunächst, daß der Dünger während des Lagerns eine ziemlich beträchtliche Einbuße an Masse erlitten hat, und daß dieser Verlust bedingt ist lediglich durch eine Abnahme von Wasser und organischer Substanz, denn der absolute Gehalt des gelagerten Düngers an Mineralstoffen ist, wie die Berechnung zeigt, fast genau derselbe geblieben, wie er in dem frischen Miste vorhanden war.

Hiermit steht im engsten Zusammenhange die Thatsache, daß der gelagerte Dünger prozentarisch reicher ist an mineralischen Nährstoffen als der frische Dünger. Auch an Stickstoff hat sich der gelagerte Dünger dem Prozent-Gehalt nach angereichert, während er dagegen absolut bedeutend ärmer an diesem wichtigen Nährstoffe geworden ist. Diese Erscheinung, die vielleicht im ersten Augenblicke auffallen könnte, ist unschwer dadurch zu erklären, daß sich der stickstoffhaltige Teil der Trockensubstanz des Stallmistes relativ langsamer verflüchtigt als die stickstofffreien Stoffe. Aus obiger Tabelle lassen sich die analytischen Belege hierfür leicht entnehmen.

Der soeben besprochene Versuch hat uns gezeigt, daß unter den obwaltenden Verhältnissen ein Verlust von 23,4 % Stickstoff stattgefunden hatte. Es ist dieses keineswegs ein außergewöhnlicher Fall, es ist vielmehr bekannt, daß der Stickstoffverlust beim Lagern unter Umständen noch ein weit höherer sein kann, daß bis zu 50 % und mehr von dem ursprünglich vorhandenen Stickstoff beim Lagern des Stallmistes verloren gehen können.

Maercker hat berechnet, daß bei der üblichen Art der Aufbewahrung aus dem von 1 Stück Großvieh erzeugten Dünger im Laufe eines Jahres etwa 45 Pfund Stickstoff (also etwa soviel wie in 3 Ctr. Chilisalpeter enthalten ist) im Werte von cirka 24 Mk. verloren gehen können, und zu ganz ähnlichen Resultaten ist Holdefleiß gelangt.

Angesichts dieser bedeutenden Verluste liegt der Gedanke nahe, die Zersetzung des Stallmistes soweit es die Jahreszeit erlaubt, im Boden verlaufen zu lassen, resp. denselben im möglichst frischen oder unzersetzten Zustande zur Düngung zu verwenden, um so die Lagerzeit zu beschränken.

Es bedarf aber keiner Erörterung, daß manche wirtschaftlichen Gründe diesem oder jenem Verfahren entgegenstehen, so daß der Landwirt stets gezwungen sein wird, seinen Dünger kürzere oder längere Zeit lagern zu lassen. Zudem liegt es oft durchaus in der Absicht und im Interesse des Landwirts, gelagerten Stallmist zur Düngung zu benutzen, denn einmal ist der gelagerte Dünger gehaltreicher an Nährstoffen und daher schneller wirksam als der frische Stallmist, und zweitens hat die Erfahrung gelehrt, daß der frische, unzersetzte Dünger unter Umständen direkt schädlich zu wirken vermag.

Wenn wir nun noch weiter bedenken, daß der Stallmist durch eine zu weitgehende Zersetzung der organischen Substanz auch einen großen Teil seiner bodenverbessernden Eigenschaften verliert, und daß es gerade die leichtlöslichen und darum wertvollsten Stickstoffverbindungen sind, die beim Lagern verloren gehen können, so liegt es auf der Hand, ein wie großes Interesse der Landwirt daran hat, die Zersetzungsvorgänge, die sich im Stallmist abspielen, genau zu kennen, um sie, soweit wie möglich, zu beherrschen und zu seinem eigenen Nutzen durch eine entsprechende Behandlung des Düngers zu beeinflußen.

Hierzu ist es aber selbstverständlich nötig, daß man die Ursachen, durch welche sie bereitet werden, kennt.

Früher nahm man an, daß dieselben rein chemischer Natur wären. Jetzt aber weiß man, daß die Veränderungen des Stallmistes an die Lebensthätigkeit von Bakterien bezw. ähnlichen Mikroorganismen geknüpft sind, daß es also chemisch-physikalische Prozesse sind, die sich im Stallmist abspielen.

Die bakteriologische Forschung hat uns gelehrt, daß der lagernde Mist keineswegs eine tote Masse ist, sondern daß er unzählige Millionen jener kleiner Lebewesen, die wir als Bakterien bezeichnen, in sich birgt, daß sich in ihm ein fortwährendes Werden und Vergehen vollzieht.

Und in der That, wenn man bedenkt, daß die Bakterien als chlorophyllfreie Organismen mit ganz wenigen Ausnahmen (wie die Salpeter-Bakterien) fertiggebildeter Kohlenstoffverbindungen zur Nahrung bedürfen, daß ferner die Gegenwart stickstoffhaltiger Verbindungen und mineralischer Nährstoffe für ihr Leben erforderlich ist, und daß sie sich besonders üppig entwickeln, wenn ihnen ein gewisser Grad von

Wärme und Feuchtigkeit zu Gebote steht, so ist es leicht begreiflich, daß der Stallmist ein besonders geeignetes Material für sie ist.

Außer diesen allgemeinen Ernährungs- und Lebensbedingungen sind aber die besonderen Lebensbedingungen für die einzelnen Bakterienarten sehr verschieden. Ebenso verhält es sich hinsichtlich der Lebensäußerungen. Auch hier finden wir neben einigen Eigenschaften, die vielen Bakterienarten gemeinsam sind, solche, die nur durch eine ganz bestimmte Art hervorgerufen werden können und nur ihr eigentümlich sind. Besonders wichtig für unsere weiteren Betrachtungen ist das verschiedene Verhalten der Bakterien gegenüber dem Sauerstoff.

Es giebt einige Arten, und sie bilden die Mehrzahl, deren Leben streng an dies Vorhandensein von Luft-Sauerstoff gebunden ist. Man bezeichnet sie als „obligat aërobe". Für andere Arten wiederum ist der Luft-Sauerstoff ein direktes Gift. Sie vermögen nur bei Luftabschluß zu leben. Solche Bakterien nennt man „obligat anaërobe". Zwischen diesen beiden Gruppen steht eine dritte Gruppe von Bakterien, die für ihren Lebensunterhalt des freien Sauerstoffes nicht bedürfen, für die er aber auch nicht schädlich ist. Sie können also sowohl bei Luftabschluß wie bei Luftzutritt gedeihen. Es sind dieses die „fakultativ aëroben" oder „fakultativ anaëroben" Bakterien.

Aus dem Gesagten dürfte hervorgehen, daß die Umsetzungen, die der Stallmist durch die Lebensthätigkeit der Bakterien erleidet, sehr mannigfacher Art sein müssen. Je nach den Ernährungs- und Lebensbedingungen, welche die einzelnen Bakterienarten finden, wird die Zersetzung und damit die Zusammensetzung und Wirkung des Stallmistes verschieden sein können.

Es würde nun an dieser Stelle zu weit führen, alle diejenigen Zersetzungsvorgänge, welche die einzelnen Bestandteile des Stallmistes erleiden können, hier getrennt zu besprechen. Wir wollen uns vielmehr im direkten Hinblick auf die Aufbewahrung des Stallmistes nur darauf beschränken, kennen zu lernen, welchen Einfluß der ungehinderte Zutritt der Luft resp. der Abschluß derselben auf die Zersetzungsvorgänge ausübt. Die Kenntnis dieses Einflusses ist umsomehr von Wichtigkeit als fast alle Forscher, die sich mit der Stallmistfrage beschäftigt haben, darin übereinstimmen, daß die sogenannte mechanische Stallmistpflege die Hauptgrundlage für eine rationelle Aufbewahrung bildet. Diese mechanische Düngerbehandlung läuft aber in letzter Linie auf eine zweckentsprechende Regulierung des Zutrittes der Luft zur Düngermasse hinaus.

„Unter dem ungehinderten Zutritt der atmosphärischen Luft", so schreibt Wollny, „entstehen bei dem Zerfall der organischen Stoffe unter gewissen Bedingungen Kohlensäure, Wasser, Ammoniak (und freier Stickstoff), wobei die mineralischen Stoffe, welche gewissermaßen von der organischen Substanz eingeschlossen und in diesem Zustande nicht assimilierbar sind, frei werden und zum größten Teil hierdurch in eine aufnehmbare Form übergehen. Der Zerfall der in Rede stehenden Materialien hat sonach unter diesen Umständen die Bildung wertvoller aufnehmbarer Nährstoffe (Ammoniak und Mineralstoffe) zur Folge. Der beschriebene Vorgang, welchen man als Verwesung bezeichnet, ist hiernach durch Verflüchtigung der organischen Substanz unter Zurücklassung der nicht flüchtigen zum größten Teil in den assimilierbaren Zustand übergehenden Mineralstoffe gekennzeichnet.

Bei Verminderung des Luft- resp. Sauerstoffzutrittes über eine gewisse Grenze hinaus oder bei vollständigem Luftabschluß sind die in den organischen Substanzen

vor sich gehenden Zersetzungsprozesse ganz anderer Art. Während bei ausreichendem Zutritt des Sauerstoffs die Substanz sich größtenteils verflüchtigt und als Endprodukte des Zerfalls: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak resp. Salpetersäure und die Mineralstoffe in meist assimilierbarer Form auftreten, entsteht bei ungenügender Zufuhr oder bei Abschluß des Sauerstoffs eine ungleich geringere Menge gasförmiger Produkte, welche vornehmlich je nach äußeren Verhältnissen durch Kohlensäure, Sumpfgas (Methan), Wasserstoff (Schwefel- und Kohlenwasserstoff), Stickoxydul, freien Stickstoff, repräsentiert sind, während die organische Substanz eine mehr oder weniger dunkel gefärbte, der Zersetzung weiterhin im hohen Grade widerstehende Masse bildet, welche neben eigentümlichen stickstofffreien verschiedene stickstoffhaltige Verbindungen (Leucin, Tyrosin, Indol, Skatol, primäre Amine, Amidosäuren u. s. w.) sowie Ammoniak, unter Umständen Nitrite, ferner flüchtige Fettsäuren (Ameisensäure, Buttersäure, Essigsäure, Propionsäure, Valeriansäure) enthält und die Mineralstoffe zum größten Teil in nicht aufnehmbarer Form einschließt". — Derartige bei Luftmangel eintretende Zersetzungen bezeichnet man gewöhnlich als Fäulnis.

Im Stallmist laufen bei der gewöhnlichen Aufbewahrung beide Prozesse, die Verwesung und die Fäulnis, neben einander her, und je nach den besonderen Umständen kann bald der eine, bald der andere vorherrschen.

Aus den vorstehenden Darlegungen haben wir ersehen, daß der Verlust, den der Mist beim Lagern an organischer Substanz erleidet, dadurch bedingt wird, daß dieselbe durch die Lebensthätigkeit der Bakterien in flüchtige Verbindungen (Kohlensäure 2c.) übergeführt wird, und daß die Verluste an Stickstoff insbesondere, dadurch eintreten, daß derselbe teils in Form von Ammoniak, teils als elementarer Stickstoff entweicht.

Es wird jetzt unsere Aufgabe sein zu untersuchen, welche Mittel und Wege uns die Forschung gezeigt hat, uns vor diesen Verlusten zu schützen. Wir wollen hierbei unser Augenmerk hauptsächlich auf den Stickstoffverlust richten, einmal, weil er hinsichtlich seiner Bedeutung unbedingt an erster Stelle steht und sodann, weil die Maßregeln, die wir zur Erhaltung dieses wertvollen Nährstoffs ergreifen können, meist auch einer zu großen Zersetzung der organischen Substanz entgegenwirken.

Daß der Mist durch Entweichen von Ammoniak eine Einbuße seines Stickstoffgehaltes erleidet, ist eine altbekannte Thatsache, und man hat längere Zeit geglaubt, hierin die einzige Verlustquelle erblicken zu dürfen. Diese Verflüchtigung von Ammoniak ist darauf zurückzuführen, daß die leichtlöslichen Stickstoffverbindungen, also besonders der Harnstoff 2c., durch die Thätigkeit von Mikroorganismen sehr schnell, unter Umständen schon innerhalb weniger Stunden, in flüchtiges kohlensaures Ammoniak übergeführt werden. Es folgt hieraus, daß auf diese Weise bereits Stickstoff im Stalle verloren gehen kann, bevor also der Mist auf die Dungstätte gelangt. Diesen Verlusten können wir, hauptsächlich im Flachstall, nur durch die Anwendung geeigneter Einstreumittel begegnen. In neuerer Zeit erst hat man die Ursachen näher studiert, durch welche die zweite Verlustquelle, das Entweichen von elementarem Stickstoff, bedingt ist, ohne daß es jedoch bis jetzt gelungen ist, über alle hierbei mitwirkenden Umstände zur völligen Klarheit zu gelangen.

Zur Zeit herrschen folgende Ansichten.

Das aus dem organischen stickstoffhaltigen Material gebildete Ammoniak bleibt nicht als solches im Miste erhalten, sondern wird bei genügendem Zutritt der Luft durch besondere Mikroorganismen, den Salpeterbildnern, weiter oxydiert, zunächst zu

salpetriger Säure und dann zu Salpetersäure, bezw. deren Salzen. Bei dieser Umbildung kann nun, nach der Ansicht einiger Forscher, ein Stickstoffverlust durch Abspaltung von freiem Stickstoff eintreten.

Die gebildeten Nitrite resp. Nitrate können nun ihrerseits die Ursache weiterer Stickstoffverluste sein, insofern nämlich, als sie durch gewisse Bakterienarten, den Salpeterzerstörern oder Denitrifikationsbakterien, wieder vollständig unter Entweichen von elementarem Stickstoff zerstört werden können. Dieser Prozeß, Denitrifikation genannt, tritt insbesondere dann ein, wenn es den genannten Bakterien an Luftsauerstoff mangelt. Die Nitrite können ihrerseits auf rein chemischem Wege wieder zerlegt werden und hierbei andere stickstoffhaltige Verbindungen in Mitleidenschaft ziehen in der Weise z. B., daß die freie salpetrige Säure, welche aus den Nitriten durch die Einwirkung von Kohlensäure gebildet wird, sich mit Amidverbindungen und primären Aminen unter Entbindung von freiem Stickstoff umsetzen kann.

Schließlich ist die Ansicht ausgesprochen worden, daß der elementare Stickstoff möglicherweise direkt auf dem Wege der Oxydation aus den organischen Stickstoffverbindungen resp. dem Ammoniak abgespalten werde, ohne daß eine vorherige Bildung von Nitraten einzutreten braucht. Es darf wohl mit Sicherheit angenommen werden, daß durch das Entweichen von Ammoniak und durch die Denitrifikationsvorgänge unter gewöhnlichen Verhältnissen die größten Verluste an Stickstoff entstehen. Diese Vorgänge sind daher auch am eingehendsten erforscht worden.

Über die Frage der Stallmistkonservierung hat sich im Laufe der Zeit eine ziemlich große Litteratur angesammelt. Aber eine völlige Lösung dieser wichtigen Frage ist trotz der mannigfachen Bearbeitung, die sie erfahren hat, nicht erzielt. Immerhin haben aber die diesbezüglichen Untersuchungen manche Resultate gezeitigt, die uns Anhaltspunkte liefern, den Verlusten, die die Aufbewahrung des Düngers mit sich bringt, in erfolgreicher Weise entgegenzuarbeiten.

Es ist hervorzuheben, daß aus allen Versuchen in übereinstimmender Weise dies hervorgeht, daß die mechanische Pflege des Stallmistes nicht nur im hohen Grade geeignet ist, die Verluste an Stickstoff und organischer Substanz einzuschränken und von größerer Wichtigkeit ist als die Anwendung chemischer Konservierungsmittel, sondern auch, daß die erfolgreiche Anwendung der letzteren eine gute mechanische Düngerpflege zur Voraussetzung hat.

Durch eine gute mechanische Pflege, d. h. dadurch daß der Stallmist möglichst festgetreten wird und mäßig feucht erhalten wird, bezwecken wir einmal, daß infolge des dadurch beschränkten Luftzutrittes die Zersetzung des Stallmistes sich verlangsamt und nicht zu stürmisch erfolgt, und zweitens bewirken wir durch dieselbe eine weit geringere Verdunstung als dieses bei locker gelagertem Miste der Fall ist. Durch diese beiden Momente erzielen wir aber, daß einmal die Bildung und zweitens die Verflüchtigung von Ammoniak wesentlich eingeschränkt wird. Aber wir erreichen noch mehr. Wir haben gesehen, daß die Salpeterbildung an reichlichen Luftzutritt geknüpft ist. Verringern wir daher denselben, und damit die Bildung von Salpeter, so liegt es auf der Hand, daß wir damit einen weiteren Verlust an Stickstoff, nämlich die Denitrifikation, vermindern.

Das Zustandekommen der Denitrifikation im Stallmist können wir uns in der Weise vorstellen, daß der unter dem Einfluß der Luft gebildete Salpeter allmählich in tiefere Schichten gelangt, woselbst es an Luftsauerstoff mangelt. Hier unterliegt

er der Vernichtung durch die Denitrifikationsbakterien, indem dieselben den gebundenen Sauerstoff aus dem Salpetermolekül an sich reißen und zur Atmung verwenden. Das Salpetermolekül wird dabei zerstört und es entweicht freier Stickstoff.

Auch der dritten Verlustquelle werden durch den beschränkten Luftzutritt die Bedingungen ihrer Entstehung unterbunden. Diese kurzen Ausführungen mögen genügen, die große Wichtigkeit der mechanischen Stallmistpflege vor Augen zu führen.

Wir wollen nunmehr sehen, inwieweit sie sich mit praktischen Versuchsergebnissen decken. Hansen und Vogel ließen Mist von völlig gleicher Zusammensetzung in zwei cementierten Gruben lagern. In der einen Grube lag der Mist locker, in der anderen sorgfältig gebreitet und gut festgetreten.

Die durchschnittliche Lagerungsdauer betrug 22 Wochen. Während dieser Zeit waren bei der schlechten Lagerung durch Verflüchtigung verloren gegangen:

$47,_{58}$ % organische Substanz und $34,_{78}$ % Stickstoff.

Bei der guten Lagerung hatten sich verflüchtigt:

$28,_{37}$ % organische Substanz und $16,_{19}$ % Stickstoff.

Von Interesse ist noch folgende Beobachtung: In dem locker gelagerten Mist fand, trotzdem im Freien die Temperatur lange Zeit weit unter 0^{0} sank, eine Temperatursteigerung bis auf $67,_{5}{}^{0}$ C. statt. Der wiederholt gefallene Schnee war auf dieser Grube stets sofort verschwunden und von dem Dünger stieg ununterbrochen eine Wolke von kondensiertem Wasserdampf auf. Dabei setzte sich der Dünger ganz gewaltig zusammen.

In dem festgelagerten Miste stieg die Temperatur während der Frostzeit nur wenig über 0^{0} und der gefallene Schnee taute nur ganz allmählich auf. Äußerlich konnte von irgend welchen Umsetzungen in dem Dünger nichts wahrgenommen werden.

Dieser Versuch läßt klar die Wichtigkeit einer guten Lagerung erkennen und er zeigt uns, wie sich schon äußerlich durch die starke Temperatursteigerung ꝛc. erkennen ließ, daß sich in dem locker gelagerten Miste die Zersetzungsprozesse viel energischer vollzogen, als in dem festgelagerten. Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, daß natürlich durch die ungleich höheren Temperaturen in schlecht lagernden Misthaufen der Verflüchtigung von Stickstoff Vorschub geleistet wird.

Ein weiteres Beispiel für die große Bedeutung der mechanischen Stallmistpflege bietet uns der Tiefstalldünger, denn im Tiefstall finden wir alle diejenigen Anforderungen, die wir an eine gute Aufbewahrung des Düngers stellen müssen, verwirklicht. Hier lagert der Mist fest und feucht und ist zugleich vor der Einwirkung von Frost, Hitze, Regen und Wind geschützt. Und es ist ja auch zur Genüge bekannt, daß der Tiefstalldünger wegen seiner guten Eigenschaften besonders geschätzt ist.

Der Vorteil, den ein Tiefstall in Bezug auf die Konservierung des Stallmistes bietet, wird sehr gut durch folgenden Versuch von M. Maercker und Schneidewind veranschaulicht.

Durch gleichmäßige Fütterung der Tiere und sonstige Gleichstellung aller in Betracht kommenden Verhältnisse wurde teils in einem Tiefstall, teils in einem Flachstall ein Dünger von gleichmäßiger Beschaffenheit gewonnen. Im ersteren blieb der Dünger unter den Tieren liegen, aus letzterem wurde er alle zwei Tage, das eine Mal auf eine offene, das andere Mal auf eine überdachte Dungstätte gebracht.

Der Versuch dauerte vom 16. Juni bis 29. Oktober 1896, also 136 Tage.

Die Stickstoffbilanz gestaltete sich je nach der Aufbewahrungsart folgendermaßen:

	Tiefstall-dünger	Flachstalldünger	
		Überdachte Düngerstätte	Offene Düngerstätte
Stickstoff im Futter	467,55 kg	467,55 kg	467,55 kg
Stickstoff in der Einstreu	30,87 "	30,92 "	30,92 "
Summa	498,42 kg	498,47 kg	498,47 kg
Ab Stickstoff für Lebendgewichtszunahme	29,12 "	30,82 "	30,82 "
Zu erwarten im Stalldünger	469,30 "	467,65 "	467,65 "
Wiedergefunden im Stalldünger . . . (am Schlusse der Lagerung)	407,60 "	295,24 "	292,73 "
Stickstoffverlust	61,70 "	172,41 "	174,92 "
In Prozenten des Gesamt-Stickstoffs . .	13,2 %	36,9 %	37,4 %

Wir können diesen Zahlen ohne weiteres entnehmen, einen wie großen Einfluß die günstigen Lagerungsverhältnisse, die der Dünger im Tiefstall findet, auf die Erhaltung des Stickstoffes ausüben.

Der Tiefstall verdient daher die größte Beachtung seitens der Landwirte. Nicht nur der Stickstoff, sondern auch die organische Substanz des Düngers bleibt in ihm vor übermäßigen Verlusten bewahrt. Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß es nicht ratsam ist, den Dünger im Tiefstall ohne die Anwesenheit der Tiere längere Zeit liegen zu lassen, da nach Versuchen, die allerdings noch der Bestätigung bedürfen, auf solche Weise große Verluste an Stickstoff eintreten können.

Ganz haben sich aber, wie vorstehende Versuche zeigen, auch bei sorgsamer Lagerung des Stallmistes Verluste an Stickstoff nicht unterdrücken lassen, und es ist daher notwendig zu versuchen, diese Verluste durch andere Maßregeln (wie Konservierungsmittel) nach Möglichkeit zu verhüten. Im noch höheren Grade als beim Tiefstall wird dieses natürlich notwendig sein, wenn der Dünger in Flachställen gewonnen wird.

Wir haben bereits erwähnt, daß gerade die wertvollste Form des Stickstoffs, der Harnstoff 2c., sehr schnell in flüchtiges kohlensaures Ammoniak übergeführt wird. Infolge dessen können bereits Stickstoffverluste stattfinden, bevor der Mist auf die Düngstätte gelangt.

So ergaben diesbezügliche Untersuchungen der Versuchsstation Jena, daß im Stalle

bei täglichem Ausmisten 14,2 % Stickstoff,
bei wöchentlichem Ausmisten 8,3 % Stickstoff

durch Verflüchtigung verloren gehen. Um sich nun vor diesen Verlusten zu schützen und zugleich um die Wirkung der mechanischen Düngerpflege zu unterstützen, wendet man im Stalle resp. auch noch auf der Dungstätte gewisse Einstreumittel an.

Es sei aber an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich betont, daß die chemischen Konservierungsmittel die mechanische Stallmistpflege nur unterstützen sollen, daß sie

dieselbe niemals überflüssig machen können. Stets muß vielmehr die letztere die Hauptgrundlage der Düngerkonservierung bilden.

So fand Pfeiffer bei diesbezüglichen Versuchen, daß in Düngemassen, trotzdem dieselben mit Superphosphatgyps versetzt waren, der Verlust an Stickstoff bei reichlichem Luftzutritt bedeutend größer war als es der Fall war, wenn die Dungmasse bei mäßigem Luftzutritt ohne Superphosphatgyps aufbewahrt wurde.

Als Konservierungsmittel sind Substanzen von sehr verschiedener Natur in Gebrauch. Hautsächlich werden Schwefelsäure (resp. schwefelsäurehaltige Torfstreu), Gyps, Superphosphat, Präcipitatgyps, Superphosphatgyps, kohlensaurer Kalk, gebrannter Kalk, Mergel, Kalisalze, Torf, Erde benutzt.

Wir sehen, die chemische Natur der Konservierungsmittel ist eine sehr verschiedene, teils sogar eine direkt entgegengesetzte. Die einen sind starke Säuren, die anderen Salze, teils sauren, teils neutralen Charakters, z. T. freie Säure enthaltend, wiederum andere sind Erden.

Um Anhaltspunkte für die Beurteilung der einzelnen Konservierungsmittel zu geben, wollen wir ihre Eigenschaften kurz besprechen und daran anschließend einiger Gesichtspunkte Erwähnung thun, welche bei der Auswahl Berücksichtigung verdienen.

Ich will aber davon Abstand nehmen, an der Hand von angestellten Versuchen die Überlegenheit des einen oder anderen Präparates darthun zu wollen, da ohne eine hier zu weitführende Kritik aller diesbezüglichen Versuche die Heranziehung einzelner ein ziemlich willkürliches Unternehmen sein würde.

Erinnern wir uns der über die Art der Stickstoffverluste gemachten Ausführungen, aus denen hervorgeht, daß der Stickstoff teils als kohlensaures Ammoniak, teils in elementarem Zustande aus dem Dünger entweicht. Es gilt also einmal das kohlensaure Ammoniak zu binden und zwar muß diese Bindung aus dargelegten Gründen bereits im Stalle geschehen. Hierzu werden sich nun alle diejenigen praktisch verwendbaren Konservierungsmittel eignen, welche das kohlensaure Ammoniak in eine nicht flüchtige Verbindung überzuführen vermögen, ohne daß ihre Verwendung einen schädlichen Einfluß auf die Tiere ausübt.*) In dieser Beziehung ist also die Bedeutung und damit auch die Beurteilung der einzelnen Erhaltungsmittel ziemlich klar gegeben.

Welche Anforderungen haben wir aber an die Leistungen der Konservierungsmittel auf der Dungstätte zu stellen, wo beide Verlustquellen in Aktion treten?

Diese Frage ist schwierig exakt zu beantworten. Wir kennen bis jetzt kein Mittel, durch welches wir diejenigen Bakterien allein unschädlich machen können, welche das Entweichen des Stickstoffs in elementarer Form bedingen und wissen infolgedessen auch nicht genau anzugeben, welchen Maßstab wir in dieser Beziehung an die Konservierungsmittel legen sollen. Einen Fingerzeig dürfte uns aber folgende Überlegung bieten.

Sicherlich dürfte es nicht zweckmäßig sein, durch Anwendung solcher Mengen konzentrierter Säuren oder Ätzkalk, wie wohl vorgeschlagen worden ist, den frischen Mist zu sterilisieren. Denn wenn auch der sterilisierte, frische Mist bei guter Aufbewahrung ziemlich sicher vor Stickstoffverlusten geschützt ist, so töten wir doch auf diese Weise

*) Es darf als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß alle Konservierungsmittel, die in irgend einer Weise dem Pflanzenwuchse von Nachteil sind, ebenfalls von der Verwendung ausgeschlossen sind. Auf diese soll hier daher überhaupt nicht Rücksicht genommen werden.

auch zugleich die gutartigen und nützlichen Bakterien, um einen allgemeinen Ausdruck zu gebrauchen, und wir sind vorderhand nicht in der Lage, diese dem Miste wieder zuzuführen.

Es ist uns aber aus den bakteriologischen Forschungen bekannt, daß es möglich ist, die Lebensäußerungen der Bakterien durch Einwirkenlassen von Salzlösungen nicht übermäßig hoher Konzentration, ohne die Bakterien zum Absterben zu bringen, aufzuheben, die Bakterien zu plasmalysieren, und daß man diese Erscheinung durch Zufuhr von Wasser wieder aufheben kann.

Übertragen wir dieses auf die Konservierung des Mistes, so ist es jedenfalls denkbar, daß es ebenfalls möglich ist, durch die Anwendung gewisser Substanzen eine Salzlösung von solcher Konzentration zu schaffen, um die Thätigkeit der Bakterien zu einem gewissen Stillstand zu bringen, ohne sie zu töten, und daß sie diese Thätigkeit wieder aufnehmen können, sobald durch die Einbringung des Mistes in den Boden, durch den Wassergehalt des letzteren, eine entsprechende Abschwächung der Konzentration der Salzlösung eintritt. Auf diesem Wege würden wir also erreichen, daß die normale Zersetzung des Mistes erst im Boden verläuft.

Es ist mit anderen Worten durchaus nicht unwahrscheinlich, daß die unzweifelhaft günstigen Wirkungen gewisser Einstreumittel auf ihre plasmalysierende Eigenschaften zurückzuführen sind.

Für uns ergiebt sich aber daraus die weitere Schlußfolgerung, daß vor anderen diejenigen Einstreumittel in gedachter Beziehung den Vorzug verdienen, die sich durch eine größere Löslichkeit auszeichnen.

Besprechen wir nunmehr die wichtigsten Konservierungsmittel.

Von der **Schwefelsäure** wissen wir, daß sie den Stallmist-Stickstoff in vorzüglicher Weise erhalten kann. Aber abgesehen davon, daß das Hantieren mit Schwefelsäure mancherlei Unannehmlichkeiten nach sich ziehen kann und daß sie zudem die Wände der Jauchebehälter 2c. angreift, dürfte eine Verwendung der freien Schwefelsäure zu Konservierungszwecken nicht eher anzuraten sein, als bis wir genügende Sicherheit darüber besitzen, daß die zur Konservierung notwendige Menge keinerlei nachteiligen Einfluß auf die Zersetzung des Stallmistes im Boden und damit auf seine Wirkung ausübt. Um die Anwendung der Schwefelsäure zu erleichtern, hat man schwefelsäurehaltige Torfstreu hergestellt und in den Handel gebracht. Auch von ihr gilt das Obengesagte und es kommt noch hinzu, daß schon der Kostenpunkt ihrer ausgedehnten Anwendung hindernd im Wege stehen dürfte. In neuerer Zeit ist das saure schwefelsaure Natron als gutes Konservierungsmittel empfohlen werden. Doch müssen zuvor weitere Versuche mit diesem Präparate abgewartet werden, bevor es zur Benutzung empfohlen werden kann.

Hinsichtlich des **Gypses** (schwefelsaurer Kalk, $CaSO_4$) begegnet man in Litteratur und Praxis den widersprechendsten Urteilen über seine Brauchbarkeit. Daß der Gyps das kohlensaure Ammoniak zu binden vermag, steht außer Frage. Es bildet sich hierbei nach der Gleichung $CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$, kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Ammoniak. Aber dieser Prozeß kann durch verschiedene Umstände ungünstig beeinflußt werden, so daß eine vollständige Bindung des kohlensauren Ammoniaks durch den Gyps mit Sicherheit unter allen Umständen nicht erreicht wird.

Gerade bei Anwendung des Gypses ist, in Anbetracht seiner geringen Löslichkeit, eine gute mechanische Pflege und besonders hinreichende Feuchtigkeit des Mistes vor allem von nöten, um seine Wirkung zur Geltung zu bringen. Infolge seiner schweren Löslichkeit dürfte der Gyps auf die Zersetzung des Stallmistes an sich einen nur geringen Einfluß ausüben und daher nicht imstande sein, dem Verluste an freiem Stickstoff entgegenzuwirken.

Weit sicherer ist die Anwendung von **Superphosphatgyps.** Derselbe kann aufgefaßt werden als ein geringprozentiges Superphosphat, welches neben einem hohen Gypsgehalt, (cirka 60 %) wechselnde Menge (6 bis 13 %) freier Phosphorsäure enthält. Der Superphosphatgyps wird zur Zeit in Bezug auf seine Wirkung als das beste Konservierungsmittel angesehen. Durch seinen Gehalt an freier Phosphorsäure und an leichtlöslichem Monocalciumphosphat (Superphosphat) ist er befähigt, das kohlensaure Ammoniak schnell und sicher zu binden. Hieran vermag sich außerdem noch der schwefelsaure Kalk zu beteiligen.

Vermöge seines sauren Charakters, sowie seines Gehaltes an leichtlöslichem Salz ist er außerdem imstande, die Zersetzung des Stallmistes im oben ausgeführten Sinne zu beschränken. Man verwendet auf 1 Stück Großvieh täglich $0_{,75}$ bis $1_{,00}$ kg dieses Präparates zur Einstreu.

In ähnlicher Weise wie der Superphosphatgyps läßt sich auch das **Superphosphat** mit gutem Erfolge zur Einstreu benutzen, während dem sogenannten **Präcipitatgyps** (ein Gemisch von schwefelsaurem Kalk und Dicalciumphosphat) keine weitere Bedeutung zugesprochen werden kann. Alle Gypspräparate üben eine austrocknende Wirkung auf den Stallmist aus. Diese Eigenschaft ist daher bei ihrer Anwendung zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der Bedeutung der Kalksalze als Konservierungsmittel, des **kohlensauren Kalkes** und des **Mergels,** sowie des **gebrannten Kalkes,** liegen noch nicht genügend sichere Erfahrungen vor, als daß sie vorderhand als für die breite Paxis geeignet bezeichnet werden könnten.

Es sei jedoch ausdrücklich an dieser Stelle bemerkt, daß u. A. scharf beobachtende Landwirte, wie Schultz-Lupitz, mit dem Mergel als Einstreumittel gute Erfahrungen gemacht haben, und daß er noch insofern günstig wirkt, als er die Nitrifikation befördert.

Besonders erfordert die Anwendung des gebrannten Kalkes große Aufmerksamkeit, da derselbe sonst eher schädlich, durch Entbindung von Ammoniak, als nützlich wirken kann.

Besser sind wir wiederum über die Wirkung der Kalisalze, von welchen vornehmlich das **Kainit** (außerdem noch **Karnallit** 2c.) in Betracht kommt, orientiert.

Es dürfte bekannt sein, daß durch die Anwendung von Kainit der Mist beim Aufbewahren seine ursprüngliche Beschaffenheit fast vollständig bewahrt, ein Zeichen dafür, daß dem Kainit in sehr hohem Maße die Fähigkeit zukommt, die Zersetzung zu verhindern. Und hierin liegt auch die Bedeutung seiner Anwendung.

Die Erklärung für die zersetzungsfeindlichen Eigenschaften der Kalisalze ist darin zu suchen, daß infolge ihrer leichten Löslichkeit schnell ein so hoher Konzentrationsgrad in der Düngerflüssigkeit geschaffen wird, daß hierdurch, sowie durch die Einwirkung der vorhandenen Chloride, die Entwickelung der Gärungserreger unterdrückt wird. Der Dünger wird gleichsam eingepökelt.

Für die Bindung des kohlensauren Ammoniaks sind die Kalisalze weniger geeignet. Aus diesem Grunde, sowie auch deshalb, weil sie die Gesundheit der Tiere beeinträchtigen sollen (Erweichen der Hufe), ist es zweckmäßig, sie nicht im Stalle, sondern nur auf der Dungstätte zu benutzen und daneben im Stalle ein anderes Einstreumittel zu verwenden.

Im Gegensatz zu dem Superphosphatgyps hat der Kainit die Eigenschaft, den Mist feucht zu erhalten. Auch vom Kainit verwendet man täglich $0_{,75}$ bis 1 kg pro Kopf Großvieh zur Einstreu.

Auf die Bedeutung des **Torfes** und der **Erde** als Einstreumittel ist bereits an früherer Stelle hingewiesen worden.

In neuester Zeit ist die Anwendung der Torfstreu jedoch noch aus einem anderen Grunde von Stutzer empfohlen, der hier wenigstens kurz angeführt werden soll. Es ist bereits erwähnt worden, daß fast alle Bakterien fertig gebildeter organische Stoffe als Kohlenstoffquelle bedürfen, um aus ihr die zur Entfaltung ihrer Lebensthätigkeit notwendige Energie zu schöpfen. Stehen ihnen solche Stoffe in nicht genügender Menge oder in nicht aufnehmbarer Form zur Verfügung, so hat dieses natürlich zur Folge, daß den Bakterien zur Ausübung ihrer Lebensfunktion die nötige Kraft fehlt. Das Stroh (resp. der frische Mist) ist reich an solchen energieliefernden organischen Verbindungen, der Torf dagegen ist sehr arm daran.

Die Schlußfolgerung liegt auf der Hand. Verwendet man Torf statt Stroh zur Einstreu, so wird man nicht nur das Ammoniak vor der Verflüchtigung schützen, sondern auch den Denitrifikationsbakterien die Kraft entziehen, um den im Miste gebildeten Salpeter wieder zu zerstören und so eine weitere Verlustquelle zum Versiegen bringen. Diesem ist aber, abgesehen vom Geldpunkt, der dieses Verfahren vielfach verbieten wird, folgendes entgegen zu halten.

Einmal büßt der Dünger bei der Anwendung von Torfstreu viel von seinen bodenverbessernden Eigenschaften (seien sie rein physikalischer oder chemisch-physiologischer Natur) ein, und es bedarf der weiteren Aufklärung, ob nicht zweitens durch die Torfstreu auch die Zersetzung eiweißartiger Verbindungen des Düngers im Boden zu sehr hintenangehalten wird. Drittens ist daran zu erinnern, daß bei den Versuchen Pfeiffer's, welcher die Zersetzungsvorgänge stickstoffhaltiger organischer Stoffe an Dungmassen studierte, die unter Anwendung von Torfmull gewonnen wurden, trotzdem erhebliche Verluste an elementarem Stickstoff konstatiert wurden.

Es dürfte demnach zweifelhaft sein, ob die Torfstreu imstande ist, alle Stickstoffverluste zu verhindern.

Daß aber die teilweise oder auch die ausschließliche Verwendung von Torfstreu unter manchen wirtschaftlichen Verhältnissen durchaus von Vorteil sein kann, ist nicht abzustreiten.

Von den wirtschaftlichen Verhältnissen wird es auch zum größten Teile abhängen, welches der oben geschilderten Konservierungsmittel am vorteilhaftesten anzuwenden ist, und es wird Sache des Landwirtes sein, sich hiervon in jedem besonderen Falle durch Rechnung zu überzeugen. Am rationellsten dürfte sich immerhin der Gebrauch derjenigen Einstreumittel gestalten, welche neben ihren konservierenden Eigenschaften noch einen Nährwert besitzen. Je nach den Bodenverhältnissen wird man hier die phosphorsäurehaltigen Konservierungsmittel, dort die Kalisalze bevorzugen müssen. Es erübrigt noch, einiges über die Aufbewahrung der Jauche zu sagen.

Von einigen Forschern wird dringend empfohlen, die Jauche zusammen mit dem Miste unter Berücksichtigung der soeben besprochenen Maßregeln aufzubewahren, d. h. soviel Einstreu anzuwenden, daß überhaupt keine Jauche aus dem Stalle abfließt. Ob dieses möglich ist, wird natürlich von der Menge der in den einzelnen Wirtschaften zur Verfügung stehenden Einstreu abhängen. Von anderer Seite dagegen wird auf eine möglichst vollkommene Trennung von Kot und Harn bei der Gewinnung und Aufbewahrung großes Gewicht gelegt. Besonders hat Soxhlet diesen Standpunkt in letzter Zeit vertreten. Aber gerade aus der Praxis heraus sind manche Stimmen laut geworden, die auf die großen technischen Schwierigkeiten in Bezug auf die Anwendung dieser Konservierungsmethode hinweisen.

Zur Zeit liegen die Verhältnisse im allgemeinen meistens so, daß ein Teil der flüssigen Exkremente zusammen mit dem Kot und der Einstreu in der Dungstätte aufbewahrt wird, während ein anderer Teil in die Jauchegrube abläuft. In Anbetracht des großen Wertes, welchen die Jauche infolge ihres Gehaltes an leicht aufnehmbaren Stickstoffverbindungen besitzt, muß ihrer Aufbewahrung eine große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da der Stickstoff in der Jauche zum weitaus größten Teil in Form von kohlensaurem Ammoniak vorhanden ist und eine Salpeterbildung, wenn überhaupt, so doch nur in sehr beschränktem Maße eintritt, besteht die Gefahr eines Verlustes an Stickstoff fast ausschließlich darin, daß derselbe durch Verflüchtigung in Form von Ammoniak entweicht. Um sich hiergegen zu schützen, genügt es im allgemeinen, die Jauche in möglichst tiefen und luftdicht verschlossenen Behältern, von möglichst geringem Querschnitt aufzubewahren. Dieses wird umsomehr ausreichend sein, wenn der Dünger mit ammoniakbindenden Einstreumitteln behandelt wird.

Den Luftzutritt zur Jauche kann man außer durch eine sorgfältige Bedeckung der Gruben noch dadurch in sehr einfacher Weise verhindern, daß man die Jauche mit einer Ölschicht versieht.

Außer auf den bisher besprochenen Wegen kann der Stallmist resp. die Jauche natürlich noch auf rein mechanische Weise Verluste erleiden, so durch Versickern, Auswaschen des Mistes und Fortfließen der Mistflüssigkeit.

Diesen Verlusten kann man aber auf ziemlich einfache Weise dadurch begegnen, daß man die Ställe, Dungstätten und Jauchegruben wasserdicht herrichtet, und die Miststätte vor den atmosphärischen Niederschlägen durch Überdachung schützt, oder doch zum mindestens durch eine Umfassung verhindert, daß vom Hofe her Wasser in dieselbe einfließt resp. wieder aus derselben auf den Hof abfließt.

Eine Überdachung oder, weniger gut, ein Umpflanzen der Dungstätte mit Bäumen, ist auch deshalb empfehlenswert, um den Mist vor der Einwirkung der Sonnenstrahlen zu schützen.

Sollte sich eine Befeuchtung des Düngers als notwendig erweisen, so muß dieselbe mit Hilfe von Wasser, niemals durch Überpumpen von Jauche, wodurch unfehlbar Stickstoffverluste entstehen, geschehen. Am besten schützt man sich vor Verdunstung des Wassers durch feste Lagerung.

Um eine übermäßige Feuchtigkeit andererseits zu vermeiden, ist es notwendig, daß die Dungstätte ein mäßiges Gefälle und ein zweckmäßig verschließbares Abzugsrohr nach der Jauchegrube besitzt. Im übrigen soll hier auf die bauliche Einrichtung der Dungstätten nicht weiter eingegangen werden.

Eine nicht minder sorgfältige Behandlung wie auf der Dungstätte muß man dem Miste auf dem Felde angedeihen lassen. Kann der Stallmist nach dem Heraus-

schaffen auf das Feld nicht sofort gebreitet und untergepflügt werden, was jedenfalls die sicherste Maßnahme ist, um Verluste an Stickstoff zu vermeiden, so muß man dafür Sorge tragen, daß der Mist in der Zwischenzeit fest und vor Luftzutritt geschützt lagert.

Das längere unbedeckte Liegenlassen in lockeren, kleineren oder größeren Haufen auf dem Felde ist, wie dieses aus den bisherigen Ausführungen erhellt, daher unbedingt zu verwerfen.

Vielmehr ist es erforderlich, den Mist in große Haufen zu setzen, diese gehörig festzutreten und mit einer genügend starken Erdschicht zu bedecken. Ein Unterschichten mit Häcksel 2c. zur Aufnahme etwa ablaufender Flüssigkeit ist sehr ratsam.

Das längere Obenaufliegenlassen des gebreiteten Mistes ist in der trockenen, warmen Zeit auf jeden Fall unstatthaft, am besten wird es, wenn nicht besondere Gründe dafür sprechen, gänzlich vermieden.

Die Anwendung und Wirkung des Stallmistes.

Wir haben bereits im Laufe der früheren Darlegungen die Thatsache kurz registriert, daß der Stallmist sowohl pflanzenernährende als auch bodenverbessernde Eigenschaften besitzt, und daß die Wirkung des Mistes und seine Anwendung je nach dem Alter und Charakter desselben, sowie je nach der Beschaffenheit des Bodens eine verschiedene ist.

Die bodenverbessernden Eigenschaften des Stallmistes sind vornehmlich darin zu suchen, daß derselbe durch seinen Gehalt an organischen Stoffen zur Bereicherung des Ackers an humosen Bestandteilen beiträgt, welche von so großer Bedeutung für die Fruchtbarkeit des Kulturbodens sind. Die Frage, ob und inwiefern die organischen resp. humosen Stoffe eine direkte Bedeutung für das Pflanzenleben als Nahrungsquelle besitzen, wollen wir hier nicht weiter diskutieren, zumal sie jedenfalls eine ganz untergeordnete Rolle spielt gegenüber dem Einfluß, den die organischen Substanzen indirekt auf die Vegetation haben.

Derselbe besteht einmal darin, daß durch die Zersetzung der organischen Substanzen im Boden die Aufnahmefähigkeit des natürlichen Nährstoffgehaltes desselben durch die Pflanzen wesentlich erhöht wird.

Es ist bekannt, daß die bei der Verwesung organischer Substanzen stets auftretende Kohlensäure lösend und zersetzend auf verschiedene Mineralien einzuwirken vermag. Aber auch das gleichfalls gebildete kohlensaure Ammoniak, sowie gewisse Humusstoffe, beteiligen sich an solchen Vorgängen.

Die Silikate, Karbonate, Phosphate der Alkalien, resp. alkalischen Erden und des Eisens werden auf diese Weise den Pflanzen zugänglich gemacht. Nicht weniger wichtig als dieses Lösungsvermögen ist, besonders für die leichten Sandböden, das Absorptionsvermögen des Humus, wodurch die Planzennährstoffe vor dem Auswaschen geschützt werden.

Der günstige Einfluß, welchen die Humusstoffe außerdem auf die physikalische Beschaffenheit der Böden ausüben, äußert sich hauptsächlich folgendermaßen: Die Bindigkeit der schweren Böden nimmt mit steigendem Humusgehalt ab, die Bearbeitung wird dadurch eine leichtere, der Boden lockerer und damit die Durchlässigkeit für Luft und Wasser erhöht. Die leichten Böden dagegen, bei welchen die Wasserverhältnisse von besonderer Wichtigkeit sind, werden durch den Humus undurchlässiger für Wasser.

In der Praxis findet man noch häufig die Ansicht verbreitet, daß der Stallmist auch dadurch günstig wirke, daß durch die bei seiner Zersetzung freiwerdende Wärme eine Erwärmung des Bodens stattfände, wodurch ein fördernder Einfluß auf das Pflanzenwachstum hervorgerufen würde. Diese Anschauung, für die manche praktischen Beobachtungen zu sprechen scheinen, findet aber in den diesbezüglichen Versuchen keine Stütze. Es wurde vielmehr konstatiert, daß bei einer starken Düngung (1000 Ctr. pro ha) mit leicht zersetzbarem Dünger (Pferde-, Schafdünger, Leguminosenstroh), nur eine so geringe Temperatursteigerung ($0,_1$ bis $0,_4{}^0$ C.) im Boden eintritt, daß dieselbe kaum von Bedeutung für das Wachstum der Pflanzen sein dürfte. Andererseits aber weiß man, daß ein Humusgehalt insofern die Temperaturverhältnisse des Bodens günstig beeinflußt, als durch ihn starke Schwankungen in der Bodenwärme beträchtlich vermindert werden.*)

Ferner wird die Erwärmungsfähigkeit des Bodens durch einen Humusgehalt, infolge der dadurch bedingten schwärzeren Färbung, gesteigert, durch einen zu großen Humusgehalt (wodurch die spec. Wärme des Bodens erhöht und die Wärmeleitung vermindert wird) kann jedoch dieser Einfluß aufgehoben werden.

Ein übermäßig großer Humusgehalt kann unter Umständen auch dann schädlich wirken, wenn dadurch ein so großer Wassergehalt sich ansammelt, daß im Boden Luftmangel eintritt.

Es ist in der Praxis eine alte Regel, die hitzigen Dünger auf kalten Böden und die kalten Dünger auf warmen Böden zu verwenden. Der Grund hierfür kann nach dem in Vorstehenden mitgeteilten Versuche nicht gut in Temperaturbeeinflussungen gesucht werden, sondern ist vielmehr der, daß durch diese Anwendungsweise die Zersetzung zweckmäßig beeinflußt werden soll. Würden wir leichten thätigen Boden mit leicht zersetzbarem Miste düngen, so läge die Gefahr nahe, daß die Zersetzung zu rapide verliefe, und daß infolge der geringen Absorptionsfähigkeit und großen Durchlässigkeit der leichten Bodenarten, ein Teil der Nährstoffe ausgewaschen würde.

Andererseits würde die an und für sich langsame Zersetzung der kalten Düngersorten in den schweren Böden noch mehr verzögert werden, und die Folge wäre, daß den Pflanzen die nötigen Nährstoffmengen nicht zur rechten Zeit zur Verfügung ständen.

Eine andere praktische Regel verlangt, frischen, noch nicht verrotteten Mist, nie auf Sandböden, sondern stets auf schweren Böden, alten verrotteten Mist dagegen vorzugsweise auf leichten Böden anzuwenden.

Zur Begründung dieser Forderung hat man angeführt, daß der leichte Boden einmal keiner weiteren Lockerung durch den frischen Mist bedürfe, und daß es ihm zweitens an der nötigen Feuchtigkeit mangele, damit sich der frische Mist zersetze. Andererseits soll schwerer Boden deshalb nicht mit bereits zersetztem Mist gedüngt werden, weil dieser nicht in genügendem Maße imstande sei, seine Konsistenz zu verbessern.

Aber es ist hiergegen der Einwand nicht von der Hand zu weisen, daß man sich bei der Aufstellung dieser Regeln auf einen zu einseitigen Standpunkt gestellt hat.

Denn wenn man bedenkt, daß die Zersetzung in schwereren Böden nur langsam verläuft, so kann die Ausnutzung und Wirkung des frischen Stallmistes daselbst insofern eine mangelhafte sein, als für die Pflanzen zur Zeit des Bedarfes infolge

*) Dieses soll nach Dehérain wichtig für die Nitrifikation sein.

der langsamen Zersetzung nicht genügende Mengen Nährstoffe disponibel sind. Selbstverständlich darf die Zersetzung des Düngers vor dem Einbringen aber nicht zu weit vorgeschritten sein, da man sonst einen zu großen Teil seiner bodenverbessernden Eigenschaften preisgeben würde.

Auf leichten, durchlässigen Böden, liegt dagegen bei Anwendung bereits zersetzten Düngers die Gefahr der Auswaschung nahe, und es empfiehlt sich hier aus diesem Grunde die Verwendung eines weniger zersetzten Düngers, zumal die bodenverbessernden Eigenschaften auf leichten Böden keineswegs weniger entbehrlich sind als auf schweren.

Damit es aber nicht an der für die Zersetzung notwendigen Feuchtigkeit fehlt, ist es angezeigt, den Dünger auf leichten Böden etwas tiefer unterbringen, als man es auf schweren Böden thut. Auf schweren Böden muß man dagegen sehr darauf Acht geben, daß es dem Dünger nicht infolge zu tiefen Unterpflügens an der zur normalen Zersetzung notwendigen Luft gebricht, da sonst die Zersetzung, und damit die Wirkung, eine mangelhafte ist.

Nach obigen Darlegungen bedarf es keiner weiteren Erläuterung, warum man in der Regel leichte Böden weniger stark aber häufiger, schwere Böden weniger häufig aber stärker düngt. Vornehmlich sind es die verschiedenen Absorptionsverhältnisse, die hierfür maßgebend sind.

Was nun schließlich die Stärke der Stallmistdüngung anbelangt, so versteht man unter

einer starken Düngung eine Menge von	800	Ctr. pro ha
einer mittelstarken Düngung eine Menge von ...	600	„ „ „
einer schwachen Düngung eine Menge von	400	„ „ „
Ein Fuder rechnet man zu	20	„

Den allgemeinen Nährwert der im Stallmiste enthaltenen Nährstoffe haben wir bereits an früherer Stelle (Seite 42, 43) besprochen. In Anbetracht ihrer Wichtigkeit, sowie der darüber herrschenden Meinungsverschiedenheiten müssen wir uns jedoch mit der speziellen Stickstoffwirkung und einigen damit zusammenhängenden Fragen hier noch kurz befassen.

Der Stallmist-Stickstoff setzt sich bekanntlich ursprünglich zusammen aus dem Stickstoff der Einstreu, des Kotes und des Harnes, oder chemisch ausgedrückt: aus Eiweißstickstoff und Amidstickstoff. Diese Stickstoffformen erleiden jedoch beim Lagern des Mistes unter dem Einflusse von Bakterien Umwandlungen, so daß wir im gelagerten Miste außer den genannten Stickstoffformen noch Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoff antreffen können. Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoff entstammen zumeist dem leicht zersetzbaren Amidstickstoff, zum geringeren Teil dem schwer zersetzbaren Eiweißstickstoff.

Da nun, wie wir bereits weiter oben (Seite 43) dargelegt haben, der Harnstickstoff hauptsächlich aus leicht zersetzbarem Amidstickstoff, der Kotstickstoff dagegen aus dem schwerer zersetzbaren Eiweißstickstoff besteht, so liegt die Schlußfolgerung nahe, daß der Harnstickstoff auch im Boden schneller zur Wirksamkeit gelangt und darum von größerer Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen sein wird, als der Eiweißstickstoff. Daß dieses in der That der Fall ist, mögen folgende Versuche Märckers zeigen.

Märcker hat im Jahre 1894 Versuche über die Wirksamkeit des Stalldüngers und seiner einzelnen Bestandteile angestellt und zu diesem Zwecke die Wirkung des

Chilisalpeters, als derjenigen Stickstoffverbindung, welche von den Pflanzen am besten und leichtesten aufgenommen und ausgenutzt wird, in Vergleich gesetzt mit der Wirkung des Stickstoffs in Form von Harn, Kot, Harn und Kot, und Stalldünger von bekannter Zusammensetzung. Diese Versuche wurden in Vegetationsgefäßen mit Gerste auf einem humosen Lehmboden ausgeführt und lieferten folgendes Resultat.

Düngung	Ertrag			Mehrertrag			Die Ertragserhöhung beträgt, wenn die Salpeterwirkung = 100 gesetzt wird.
	Körner gr	Stroh gr	Summa gr	Körner gr	Stroh gr	Summa gr	
Ohne Stickstoff	51,333	64,05	115,383	—	—	—	—
0,6 gr Chilisalpeterstickstoff	84,905	100,30	185,205	33,572	36,25	69,822	100
0,6 gr Harnstickstoff	73,348	98,40	171,748	22,015	34,35	56,365	80,74
0,6 gr Kotstickstoff	55,585	68,70	124,285	4,252	4,65	8,902	12,75
0,6 gr Stallmiststickstoff	66,649	71,20	137,849	15,316	7,15	22,466	32,18
0,15 gr Kotstickstoff, 0,42 gr Harnstickstoff } = 0,6 gr Stickstoff	65,834	91,10	156,934	14,501	27,05	41,551	59,51
1,2 gr Chilisalpeterstickstoff	104,070	129,60	233,670	52,737	65,55	118,287	100
1,2 gr Harnstickstoff	102,840	127,95	230,790	51,507	63,90	115,407	97,56
1,2 gr Kotstickstoff	58,902	70,20	129,102	7,569	6,15	18,719	11,60
1,2 gr Stallmiststickstoff	74,220	84,20	158,420	22,887	20,15	43,037	36,38
0,3 gr Kotstickstoff, 0,9 gr Harnstickstoff } = 1,2 gr Stickstoff	96,250	118,40	214,650	44,917	54,35	99,267	83,91
2,4 gr Salpeterstickstoff	112,950	141,00	253,95	61,617	76,95	138,567	100,0
6 gr Kotstickstoff	63,970	78,90	142,870	12,637	14,85	27,487	7,91
6 gr Stallmiststickstoff	111,650	130,70	242,351	60,318	66,65	126,968	36,65

Diese Zahlen lassen klar die Überlegenheit der Wirkung des Harnstickstoffs gegenüber derjenigen des Kotstickstoffs erkennen. Die erstere betrug im Mittel 89,2 %, die letztere nur 12,4 % der Wirkung des Chilisalpeterstickstoffes. Das Gemenge von Harnstickstoff und Kotstickstoff lieferte in dem einen Falle einen Mehrertrag von 41,551 gr in dem anderen einen solchen von 99,267 gr. Diese beobachteten Zahlen stimmen ziemlich genau überein mit den berechneten, die sich auf 44,50 gr resp. 91,007 gr stellen. Das Gemisch von Kot und Harnstickstoff hat also genau seiner Zusammensetzung entsprechend gewirkt. Dasselbe gilt bezüglich des Stallmiststickstoffes.

Der verwendete Stalldünger enthielt:

18,22 % Trockensubstanz,
0,79 % Stickstoff; davon
0,350 % Eiweißstickstoff = 73,07 % des Gesamtstickstoffs.
0,107 % Ammoniakstickstoff = 22,34 % des Gesamtstickstoffs.
0,016 % Amidstickstoff = 3,34 % des Gesamtstickstoffs.
0,006 % Salpeterstickstoff = 1,25 % des Gesamtstickstoffs.

Aus dieser Zusammensetzung läßt

bei Anwendung von 0,6 gr Stalldünger-Stickstoff ein Mehrertrag von 21,84 gr
" " " 1,2 gr " " " " " 44,405 gr

der Rechnung nach erwarten. Thatsächlich wurde mehr geerntet 22,466 gr resp.

$43,_{037}$ gr. Setzen wir die Wirkung des Stallmiststickstoffs in Vergleich mit der des Chilisalpeters, so ergiebt sich, daß sie im Mittel $34,_{25}$ % derselben beträgt.

Zur Prüfung der Nachwirkung wurden die Versuche im nächsten Jahre 1895 fortgesetzt, wobei sich herausstellte, daß keine der im Jahre 1894 dargereichten Stickstoffmengen eine zur vollen Entwickelung des angebauten Roggens genügende Stickstoff-Nachwirkung gezeigt hatte. Für unsere Zwecke wollen wir diesen Versuchen vorläufig nur entnehmen, daß der Harnstickstoff im Gegensatz zum Kotstickstoff sehr schnell und gut von den Pflanzen ausgenutzt wird, woraus folgt, daß das Verhältnis von Eiweißstickstoff zum Harnstickstoff von wesentlicher Bedeutung für die Stickstoffwirkung des Stallmistes sein muß.

Um nun zu einem Urteil über den Düngerwert des Stallmiststickstoffs zu gelangen, müssen wir uns jedoch noch nach anderweitigem Material umsehen. Man pflegte früher wohl anzunehmen, daß von dem Stallmiststickstoff etwa 50 % im ersten Jahre, 30 % im zweiten Jahre und der Rest in den folgenden Jahren von den Pflanzen ausgenutzt würde. Diese Annahme entbehrte jedoch der exakten experimentellen Basis und gründete sich lediglich auf praktische Erfahrungen.

Wagner war einer der ersten, der auch diese wichtige Frage in das Bereich seiner Untersuchungen zog, und auf Grund derselben obiger Ansicht entgegentrat.

Er gelangte zu dem überraschenden Ergebnisse, daß von 100 Teilen des in den Boden gebrachten Stallmiststickstoffs im Mittel der praktischen Verhältnisse nur 25 Teile einschließlich aller Nachwirkung von den Pflanzen ausgenutzt zu werden vermöchten.

Diesen Versuchen trat J. Kühn entgegen, der bei seinen diesbezüglichen Untersuchungen eine Stickstoffausnutzung von 48 % fand. Kühn hat jedoch durch seine Versuche die Behauptungen Wagner's nicht entkräftet, denn er benutzte zu denselben keinen wirklichen Stallmist, sondern ein Gemenge von frischem Kot und Harn welches aus 100 Teilen frischen Rinderkot und 134 Teilen frischen und sehr stickstoffreichen Rinderharn bestand. Entsprechend dieser Zusammensetzung enthielt dieses Gemisch auf 100 Teile Kotstickstoff 500 Teile Harnstickstoff, während der in der Praxis zur Verwendung gelangende Dünger infolge seiner Gewinnung und Aufbewahrung in der Regel auf 100 Teile Kotstickstoff nicht mehr als 30 bis 50 Teile Harnstickstoff resp. leichtlöslichen Stickstoff enthält.

Die Versuche Kühns beweisen demnach nur wiederum, wie maßgebend und bedeutungsvoll der Gehalt an leichtlöslichen Stickstoffverbindungen für die Wirkung des Stallmistes ist, und wie wichtig es ist, dieselben dem Stallmist zu erhalten.

Von einem anderen Standpunkte aus hat Pfeiffer Kritik an die Wagner'schen Versuchsresultate geübt. Pfeiffer hat zunächst auf rein rechnerischem Wege dargethan, daß bei den Wagner'schen Versuchsresultaten eine Unterschätzung der Stallmiststickstoff-Wirkung insofern eingetreten ist, als durch die von Wagner angewandte Rechnungsart die Nachwirkung des Stallmiststickstoffs nicht in genügender Weise zum Ausdruck gelangt.

Die Versuche Wagner's erstreckten sich über einen Zeitraum von drei Jahren, und es wurde dabei die Düngung mit Stallmist alle Jahre wiederholt. Setzen wir nun unter Annahme einer 2jährigen Nachwirkung des Stallmiststickstoffs, die Stickstoffwirkung des 1. Jahres = x, des zweiten Jahres = y und des dritten Jahres = z, so daß also x y z die Gesamtstickstoffwirkung einer Stallmistdüngung bezeichnet, so stellt sich die Berechnung bei alljährlich wiederholter Düngung folgendermaßen:

Wirkungswert:	im I. Jahr	im II. Jahr	im III. Jahr
Der erstjährigen Düngung	$\mathfrak{x}$	$\mathfrak{y}$	$\mathfrak{z}$
Der zweitjährigen Düngung	—	$\mathfrak{x}$	$\mathfrak{y}$
Der drittjährigen Düngung	—	—	$\mathfrak{x}$

Hieraus ergiebt sich, daß der volle Wirkungswert des Stallmiststickstoffs unter den obwaltenden Verhältnissen im dritten Jahre zum Ausdruck gelangt und durch den Zahlenwert $\mathfrak{x}\mathfrak{y}\mathfrak{z}$ repräsentiert wird. Wagner dagegen berechnet denselben aus dem Durchschnitt aller drei Jahre $\left(\frac{\mathfrak{x} + \mathfrak{x}\mathfrak{y} + \mathfrak{x}\mathfrak{y}\mathfrak{z}}{3} = \mathfrak{x} + {}^2/_3\mathfrak{y} + {}^1/_3\mathfrak{z}\right)$ und gelangt so zu einer zu geringen Bewertung. Rechnet man nun die Wagner'schen Resultate im obigen Sinne um, so ergiebt sich, daß der wahre Wirkungswert auf Grund seiner Versuche 38 beträgt. Diese Zahl ist nach Pfeiffer aus anderen Gründen noch zu niedrig, und es sind deshalb von der Versuchsstation Jena ebenfalls Versuche über die Wirkung des Stallmiststickstoffs ausgeführt. Diese Versuche sind sowohl in Vegetationsgefäßen, als auch auf besonders hergerichteten Parzellen im freien Lande, angestellt. Um die Nachwirkung durchsichtiger zum Ausdruck zu bringen, wurde eine Düngung mit Stallmist nur im ersten Jahre vorgenommen.

Diese Versuche lieferten u. A. nachstehendes Ergebnis bezüglich des Wirkungswertes von Stallmiststickstoff*), bezogen auf Salpeterstickstoff = 100.

		I. Jahr $\mathfrak{x}$ Hafer	I. Jahr $\mathfrak{x}$ Senf	II. Jahr $\mathfrak{y}$ Möhren	III. Jahr $\mathfrak{z}$ Hafer	In Summa $\mathfrak{x}\mathfrak{y}\mathfrak{z}$
Vegetations-gefäße	Stallmist I	19	9	13	5	46
	Stallmist II	32	4	13	6	55

		I. Jahr $\mathfrak{x}$ Kartoffeln	II. Jahr $\mathfrak{y}$ Roggen	II. Jahr $\mathfrak{y}$ Senf	III. Jahr $\mathfrak{z}$ Möhren	In Summa $\mathfrak{x}\mathfrak{y}\mathfrak{z}$
Freiland-parzellen	Stallmist Ia	65	17	7	3	92
	Stallmist Ib	64	21	4	2	91

Aus diesen Versuchen ergiebt sich u. A. 1., daß der Gesamtwirkungswert des Stallmiststickstoffs ein sehr viel höherer ist, als wie ihn Wagner (und auch Märcker, wie wir noch sehen werden) annehmen, 2., daß der Stallmiststickstoff eine beträchtliche Nachwirkung ausgeübt hat, 3., daß der Stallmist auf freiem Felde besser zur Wirksamkeit gelangt ist als in Töpfen, 4., daß der Gehalt an leichtlöslichem Stickstoff von Einfluß ist für die Wirkung des Stallmistes.

Außerdem hat man für die ungünstigen Resultate Wagners bezüglich der Wirkung des Stallmiststickstoffs die ungewöhnlich starke Düngung verantwortlich gemacht.

Wir werden später sehen, inwieweit diesem Einwand Bedeutung beizumessen ist.

*) Die Zusammensetzung des zur Düngung benutzten Stallmistes war:

Dünger.	Gesamt-stickstoff.	Ammoniak-stickstoff.	Wasserlöslicher Stickstoff.	Von 100 Teilen Gesamtstickstoff sind in Wasser löslich.
I, Ia, Ib	$0,_{129}$	$0,_{035}$	$0,_{126}$	$29,_4$
II	$0,_{407}$	$0,_{067}$	$0,_{166}$	$40,_8$

In sehr umfangreicher Weise hat sodann noch die Versuchsstation Halle Versuche über die Wirkung des Stallmiststickstoffs angestellt und sich dabei der sogenannten statistischen Methode bedient.

Man fand, daß die Stickstoffwirkung des Stallmistes so sehr verschieden ist, daß es unmöglich ist, sie durch eine bestimmte Mittelzahl zum Ausdruck zu bringen.

So zeigten von 45 der untersuchten Sorten

7	Proben	(= 15,5 %)	eine Wirkung	von	50	bis	73,8	%	des Salpeterstickstoffs.*)
10	„	(22,2 %)	„	„	40	„	50	%	„
5	„	(11,1 %)	„	„	30	„	40	%	„
8	„	(17,8 %)	„	„	20	„	30	%	„
7	„	(15,5 %)	„	„	10	„	20	%	„
3	„	(6,7 %)	„	„	1	„	10	%	„
5	„	(11,1 %)	eine negative Wirkung.						

Die einzelnen Düngerarten verhielten sich hinsichtlich ihrer Stickstoffwirkung in der Weise zueinander, daß, wenn man die Wirkung des Stickstoffs im Salpeter = 100 setzt, diejenigen der Schafdünger 48,2, Pferdedünger 29,5, Rinderdünger 26,3, gemischten Hofdünger 19,2 betrug.

Es ist hierzu jedoch zu bemerken, daß innerhalb desselben Stalldüngers außerordentlich große Abweichungen vorkamen. Legen wir uns nunmehr die Frage vor, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Stickstoffgehalt und der Wirksamkeit des Stalldüngers, so giebt nachstehende Tabelle hierüber Auskunft.

Stickstoffgehalt des Düngers in %	Wirksamkeit Salpeter = 100	Zahl der Proben
über 1 %	61,7	1
0,9 bis 1,0 „	44,0	2
0,7 „ 0,8 „	47,0	3
0,6 „ 0,7 „	46,9	7
0,5 „ 0,6 „	29,7	11
0,4 „ 0,5 „	18,8	14
0,3 „ 0,4 „	11,1	8
0,2 „ 0,3 „	17,3	1

Es ist nicht zu verkennen, daß eine gewisse Beziehung zwischen Stickstoffgehalt und Stickstoffwirkung des Stalldüngers vorhanden ist; die stickstoffärmeren haben im allgemeinen schlechter gewirkt, als die stickstoffreicheren.

Des weiteren wurde von Märcker bei seinen Versuchen die Beobachtung gemacht, daß der Stallmist umso schlechter wirkte, je größer der Stickstoffverlust gewesen war, den er beim Lagern erlitten hatte. Märcker erklärt dieses hauptsächlich dadurch, daß bei Lagern vornehmlich der leicht lösliche Stickstoff verloren gegangen wäre und somit den Pflanzen weniger wirksamer Stickstoff dargereicht wurde. Außerdem glaubt er noch infolge der Art der Versuchsanstellung**) den verschiedenartigen Verlauf der

*) Die Wirkung wurde gemessen an den durch eine Stallmistdüngung im Vergleich mit einer Salpeterdüngung gewonnenen Erträgen an Erntemasse, während die Angaben Wagner's und Pfeiffer's sich richtiger auf die in der Ernte zurückgewonnenen Stickstoffmengen gründen.

**) Der Dünger wurde teils direkt, mit Erde gemischt, in Vegetationsgefäßen, teils für sich aufbewahrt. Nach 7 Wochen wurde der für sich gelagerte Dünger mit derselben Erde gemischt und in Vegetationsgefäße gebracht. Die Bestellung wurde sodann in allen Vegetationsgefäßen zur gleichen Zeit vorgenommen.

Denitrifikation im frisch untergebrachten Mist resp. in dem für sich gelagerten Mist zur Erklärung annehmen zu müssen.

Auf Grund dieser Ergebnisse und der im obigen mitgeteilten Versuche könnte man geneigt sein anzunehmen, daß die nähere Zusammensetzung des Stallmistes einen noch genaueren Ausdruck für seine Wirkung zu geben vermöchte. Dieses ist jedoch nach den letzten Versuchen Märcker's keineswegs der Fall. Es ergab sich, daß zwar mit sinkendem Gehalt an wirksamen Stickstoff, d. h. Stickstoff in Form von Ammoniak, Amid und Salpeter, im allgemeinen auch die Wirksamkeit sank, daß es aber unmöglich war, im speciellen Falle die Wirkung eines Stalldüngers aus seiner chemischen Zusammensetzung zu berechnen.

Welch' außerordentlich große Verschiedenheit hinsichtlich der Wirksamkeit des leicht löslichen Stickstoffs gefunden wurde, mögen nur einige Beispiele zeigen.

Art des Düngers	Leichtlöslicher Stickstoff von 100 Teilen Gesamtstickstoff	Ertrag Salpeter = 100
Mastochsendünger	41,6	31,1
Pferdedünger	41,3	36,9
Schafdünger	41,8	3,9
Schafdünger	37,8	63,5
Schafdünger	31,5	58,1
Mastochsendünger	31,3	44,0
Pferdedünger	31,1	— 14,2
Pferdedünger	31,7	14,2
Ochsendünger	28,2	— 1,1
Rinderdünger	28,5	46,4

Der Ausnutzungscoëfficient für den „wirksamen" Stickstoff stellt sich nach Pfeiffer's Berechnung für einige Hof- und Rindvieh-Düngersorten von mittlerer Wirksamkeit, wie sie zu den Hallenser-Versuchen benutzt wurden, wie folgt:

Düngersorte	Wirksamer Stickstoff in der Düngung gr	Mehrertrag an Stickstoff gegenüber ungedüngt gr	Ausnutzungskoëfficient des wirksamen Stickstoffes
Hofdünger	1,468	0,340	23
Hofdünger	1,456	0,468	32
Hofdünger	1,304	0,890	68
Ochsendünger	1,236	0,638	52
Ochsendünger	1,236	0,309	25
Rinderdünger	1,140	0,790	70
Kuhdünger	0,696	0,296	43

Angesichts dieser Zahlen wird man Märcker nur zustimmen können, wenn er schreibt: „Auf die Frage: Wie wirkt der Stalldünger? können wir demnach nur die Antwort geben: Unter Umständen ausgezeichnet, andererseits aber auch unter Umständen sehr schlecht, jedenfalls ist seine Stickstoffwirkung vorläufig vollkommen unberechenbar."

Uns erwächst aber die Aufgabe, zu untersuchen, inwieweit es der Forschung gelungen ist, Aufklärung über die unregelmäßige und oft mangelhafte Wirkung des Stallmistes zu schaffen, resp. ob und wieweit die mitgeteilten Untersuchungsergebnisse, die zumeist auf Grund von Topfversuchen gewonnen wurden, auf praktische Verhältnisse übertragbar sind, denn es ist doch nicht zu leugnen, daß die gewonnenen Resultate zum Teil in einem krassen Widerspruche mit den Erfahrungen der Praxis stehen. Vor allem hat man die Thätigkeit der denitrificierenden Bakterien zur Erklärung herangezogen, und es ist nicht zu leugnen, daß durch die Auffindung dieser Bakterien und durch das nähere Studium ihrer Lebensthätigkeit und ihrer Lebensbedingungen die Stallmistfrage in vieler Beziehung durchsichtiger geworden, wenn auch bei weitem noch nicht gelöst ist. In Deutschland war Wagner der Erste, welcher auf das Vorkommen und die Bedeutung dieser Organismen durch Vegetationsversuche hinwies.

Bei seinen Forschungen über den relativen Düngerwert des Stallmiststickstoffs fand Wagner bei einem Versuche u. A. folgendes Resultat:

Differenz-Düngung Stickstoff in Form von	gr	Mittelerträge an Trockensubstanz gr	Stickstoff in je 100 gr Trockensubstanz gr	Stickstoff in der gesamten Ernte gr	Von je 100 gr in der Düngung gegebenen Stickstoffs sind in der Ernte zurückgewonnen worden gr
0		1,6	1,81	0,029	
Salpetersaures Natron	2	35,6	3,62	1,289	63
Luzernegrünsubstanz	2	38,3	2,56	0,980	48
Kuhkot	2	0,5	1,96	0,010	— 10
Kuhkot 1,2 gr N } Kuhharn 0,8 gr N }	2	18,3	1,94	0,355	16
Pferdekot	2	0,4	1,46	0,006	— 12
Pferdekot 0,7 gr N } Pferdeharn 1,3 gr N }	2	26,6	2,56	0,681	33
Rinderharn	2	32,8	3,62	1,187	58

Die Versuche wurden in Gefäßen mit je 7 kg Erde ausgeführt. Versuchspflanze war weißer Senf.

Überblicken wir obige Zahlen, so zeigen sie uns deutlich, daß durch die Düngung mit Kuhkot und mit Pferdekot sowohl die Erntemasse, als auch der in der Ernte zurückgewonnene Stickstoff stark, gegenüber ungedüngt, herabgedrückt ist. Auch die Ausnutzung des Harnstickstoffs ist durch die Beidüngung von Kot herabgedrückt worden. Während der Rinderharnstickstoff für sich zu 58 % ausgenutzt wurde, sank die Ausnutzung desselben durch die Beidüngung von Kot auf 40 %.

Versuche mit Pferdeharn und Pferdekot ergaben ähnliche Resultate. Es zeigte sich z. B., daß bei einer ausschließlich Düngung mit Harn von je 100 Teilen Harnstickstoff, 60 Teile in die Ernte übergingen. Wurde dagegen neben Harn noch mit Kot gedüngt, so wurden von 100 Teilen desselben Harnstickstoffs nur 49 Teile durch die Ernte zurückgewonnen.

Wagner setzte das Studium dieses merkwürdigen Verhaltens des Tierkotes fort, und stets fand er, daß durch eine Düngung mit frischem Rinderkot, und besonders durch Pferdekot, die Wirkung u. Ausnutzung des Salpeter-Stickstoffs, des Ammoniak-

Stickstoffs, des Harn-Stickstoffs und des in Form von Grünsubstanz gegebenen organischen Stickstoffs erheblich verringert wurde.

Die nachstehende Tabelle möge einen kleinen Überblick über die Resultate einiger weiteren Versuchsreihen geben.

Eine Düngung von je 2 gr Stickstoff gegeben in Form von	wurde ohne Beidüngung von Pferdekot ausgenutzt zu	wurde mit Beidüngung von Pferdekot ausgenutzt zu
Salpetersaurem Natron	77 %	52 %
Schwefels. Ammoniak	69 %	50 %
Kuhharn	69 %	40 %
Grüngras	43 %	20 %

Es blieb nun noch die Frage zu entscheiden, auf welche Ursachen der unzweifelhaft schädigende Einfluß der Kotdüngung zurückzuführen war. Es boten sich angesichts der gewonnenen Versuchsergebnisse zunächst zwei Möglichkeiten zur Erklärung dar. Einmal konnte die ungünstige Wirkung der Kotdüngung auf das Pflanzenwachstum, die sich dem Auge auch durch eine Gelbfärbung der Blätter von den betreffenden Pflanzen kund that, auf einen durch die Kotdüngung bedingten Stickstoffhunger der Pflanzen zurückzuführen sein, oder aber es konnte auch die abnorm hohe Düngung mit Tierkot (es wurden z. B. 500 gr Pferdekot auf eine Fläche von 491 □ cm verwandt) an sich schädigend auf die Entwicklung der Pflanzen eingewirkt haben. Da es nun aber durch entsprechende Versuche gelang, die ungünstige Wirkung einer Kotdüngung dadurch aufzuheben, daß man den Pflanzen nachträglich Stickstoff in Form von Salpeter darbot, so konnte man mit Bestimmtheit annehmen, daß die ungünstige Wirkung der Kotdüngung darin bestand, daß unter ihrem Einfluß ein Teil des in der Düngung gegebenen Stickstoffs auf irgend eine Weise für die Pflanzen unnutzbar gemacht wurde. Es galt nun die weitere Frage zu beantworten: wie geschieht dieses? Etwa in der Weise, daß ein bestimmter Anteil des Stickstoffs in eine sehr schwer lösliche Form übergeführt wird, oder dadurch, daß er als elementarer Stickstoff in die Atmosphäre entweicht. Wagner gelangte, nachdem er durch weitere Versuche gefunden hatte, daß in einem Gemenge von Salpeter und Erde, mit resp. ohne Pferdekot, stets durch die Beigabe von Pferdekot ein Teil des Salpeterstickstoffs als solcher verloren ging, während dieses nicht der Fall war, wenn der Pferdekot in der Mischung fehlte, durch folgenden Versuch, bei welchem er eine vollständige Stickstoff-Bilanz aufstellte, zu einer definitiven Antwort.

Frischer, gesiebter Pferdekot mit genau bekanntem Stickstoffgehalt wurde in Kölbchen gebracht und mit je 100 ccm einer Lösung von salpetersaurem Natron, die genau $0{,}_{04}$ % Stickstoff enthielt, übergossen. Diese so beschickten Kolben blieben solange lose verschlossen stehen, bis aller Salpeter verschwunden war, was durch Untersuchung bestimmter Kölbchen erkannt wurde.

Alsdann wurde wiederum der Stickstoff in dem Kölbcheninhalt ermittelt. Es ergab sich dabei folgendes Resultat: (Tabelle befindet sich auf umstehender Seite).

Man sieht deutlich, daß in allen Fällen genau soviel Stickstoff verloren gegangen ist, als der zugesetzten Salpetermenge entspricht. Wagner schließt hieraus, daß der frische Pferdekot in der Weise zersetzend auf Nitrate einwirkt, daß er den Salpeter-Stickstoff zu freiem luftförmigen Stickstoff reduziert, der in die Atmosphäre entweicht. Dieser Prozeß — die Denitrification — wird, so wurde weiter festgestellt, durch die Thätigkeit von Bakterien hervorgerufen. Daß dieses in der That der Fall

Versuchsreihe I,
angesetzt am 20. Juni, beendet am 3. Juli.

am 20. Juni			am 3. Juli	
Stickstoff in 5 gr Pferdekot	Zugefügter Salpeterstickstoff	In Summa vorhandener Stickstoff	Stickstoff im Kolbeninhalt	Stickstoffverlust
0,0350	0,0400	0,0750	0,0369	0,0381
Versuchsreihe II, angesetzt am 23. Juni, beendet am 30. Juni.				
am 23. Juni			am 30. Juni	
0,0315	0,0400	0,0715	0,0336	0,0379
Versuchsreihe III, angesetzt am 17. Juli beendet am 27. Juli.				
am 17. Juli			am 27. Juli	
0,0616	0,0400	0,1016	0,0616	0,0400

ist, ist nachträglich durch die verschiedensten Forscher bestätigt worden.

Ich habe geglaubt, diese Versuche Wagner's deshalb etwas ausführlicher besprechen zu sollen, weil sie grundlegend waren für die so wichtige und jetzt im Vordergrunde des Interesses stehende Frage über die Denitrificationsvorgänge.

Aus diesen und anderen Versuchen, auf die näher einzugehen hier nicht der Ort ist, leitete Wagner bezüglich der Denitrification folgende Schlußfolgerungen ab.

1. Düngt man mit reichlichen Mengen frischen Tierkotes und sät man unmittelbar nach der Düngung schnellwachsende Pflanzen ein, so kann infolge der Kotdüngung eine Verminderung des Ertrages stattfinden.

2. Die nach Kotdüngung eintretende Ertragsverminderung beruht auf einer durch den Kot bewirkten Entbindung von Stickstoff, welche da zu beobachten ist, wo wirksamer Stickstoff, (Bodenstickstoff, Harnstickstoff, Gründüngerstickstoff, Ammoniakstickstoff und Salpeterstickstoff) den Pflanzen zur Verfügung steht.

3. Die durch den Kot bewirkte Entbindung von Stickstoff ist auf salpeterzersetzende Bakterien zurückzuführen, welche im Tierkot, besonders im Pferdekot in reichlicher Menge sich finden.

4. Salpeterzersetzende Wirkung ist nicht nur dem frischen Tierkot, sondern auch dem Stallmist eigen.

5. Wenn etwa 100 gr Pferdekot mit 1 l Wasser und 3 gr salpetersaurem Natron vermischt und einer mittleren Zimmerwärme ausgesetzt werden, so ist nach etwa 8 bis 14 Tagen sämtlicher Salpeterstickstoff zu freiem Stickstoff entbunden.

6. Eine Stickstoffentbindung, wenngleich eine äußerst langsame, findet auch dann statt, wenn humushaltige Acker- oder Gartenerde oder Getreidestroh auf Salpeterlösung wirkt.

7. Die salpeterzersetzende Kraft humushaltiger Erde und die salpeterzersetzende

Kraft des Getreidestrohs wird in sehr rapider Weise gesteigert, wenn Erde und Stroh im Gemenge auf eine Salpeterlösung wirken.

8. Auch die salpeterzersetzende Kraft des Tierkotes wird durch Zusatz von Getreidestroh sehr bedeutend gesteigert.

9. Mit dem Humifizierungsprozeß des Mistes vermindert sich in gleichem Schritt die salpeterzersetzende Kraft der Mistsubstanz, aber es gelingt nicht, dieselbe selbst durch weitestgehende Humifizierung vollständig zu zerstören. Ist es auch wahrscheinlich, daß die in der Praxis beobachtete bessere Wirkung eines gut verrotteten, dunkel gefärbten Mistes im Vergleich zu der Wirkung des frischen Mistes wesentlich auf die beim Verwitterungsprozeß erfolgte Verminderung seiner salpeterzersetzenden Kraft zurückzuführen ist, so bietet eine künstlich herbeigeführte Beschleunigung der Humifizierung der Mistsubstanz doch keinen praktisch zu befolgenden Weg zur Konservierung des Stallmistes.

Wir wollen nun die weitere zeitliche Entwickelung der Denitrifikationsfrage, die in Deutschland hauptsächlich von Stutzer, Burri, Hartleb, Märcker, Krüger, Schneidewind, Gerlach, Pfeiffer, Künemann, Lemmermann bearbeitet wurde, hier nicht weiter verfolgen, sondern uns darauf beschränken, den heutigen Standpunkt zu skizzieren, den man auf Grund dieser Forschungen einnimmt. Nachdem man die denitrifizierenden Bakterien isoliert und in Reinkultur gezüchtet hatte und so in die Lage versetzt war, ihre Eigenschaften, Lebens- und Ernährungsbedingungen genauer zu studieren, nachdem man ferner gefunden, daß diese Organismen nicht nur im Dünger, sondern auch in der Erde vorkommen und sie ihre salpeterzerstörenden Eigenschaften nur dann ausüben können, wenn ihnen genügende und zusagende Kohlenstoffverbindungen als Nahrung zur Verfügung stehen, und nachdem man erkannt hatte, daß die im Stroh enthaltenen Kohlenstoffverbindungen eine ausgezeichnete Nährstoffquelle für diese Bakterien sind, nimmt man jetzt allgemein an, daß die salpeterzerstörende Eigenschaft des Stallmistes nicht allein darauf zurückzuführen ist, daß durch ihn der Gehalt an denitrifizierenden Bakterien in der Ackererde vermehrt wird, sondern vorzüglich darauf, daß den im Boden vorhandenen Denitrifikations-Bakterien durch den Stallmist Nährstoffe zugeführt werden, und daß hierfür vornehmlich das im Stallmist enthaltene Stroh in Betracht kommt. Man nimmt weiter an, daß das mit dem Alter des Stallmistes abnehmende Denitrifikationsvermögen darin seine Erklärung findet, daß durch die beim Lagern des Mistes eintretende Zersetzung der organischen Substanz, die Kohlenstoffverbindungen untauglicher werden, als Nahrungsquelle für die denitrifizierenden Bakterien zu dienen.

Man hat ferner erkannt, daß die Zersetzung der Nitrate in der Weise vor sich geht, daß ein Teil des Salpeterstickstoffs in elementaren Stickstoff übergeführt wird. Es ist nun wohl unzweifelhaft, daß die so überaus verschiedene Wirkung des Stallmistes, die Märcker bei seinen oben erwähnten Versuchen erhielt, wenigstens zum Teil auf die verschieden starke salpeterzersetzende Kraft der verwendeten Stallmistsorten zurückzuführen ist.

Es sei hier auch einschaltend kurz bemerkt, daß der Versuch, die durch eine starke Düngung mit Mist hervorgerufene Ertragsdepression an Erntemasse und Stickstoff, unter Verwerfung der Denitrifikationstheorie, lediglich auf physikalische Ursachen (zu große Lockerung des Bodens) zurückzuführen, auf Grund der erbrachten Gegenbeweise, als gelungen nicht anzusprechen ist.

Gerlach hat, nach dem Vorgange Märcker's, den Versuch unternommen, die oft mangelhafte Wirkung des Stallmistes durch folgende Hypothese zu erklären.

Die schlechte Stickstoffwirkung des Stalldüngers beruht nach Gerlach einerseits darin: „daß ein großer Teil des Stickstoffes desselben nur sehr langsam in Salpetersäure übergeht, andererseits jedoch auch, daß diese Salpetersäure teilweise von Bakterien zersetzt wird.

Setzt man die Menge salpetersaurer Salze, welche sich aus dem Stalldünger innerhalb einer Vegetationsperiode im Boden bildet = x und die Menge der salpetersauren Verbindungen, welche durch die Bakterien bei Gegenwart des Stalldüngers während dieser Zeit zersetzt werden kann = y, so ergiebt sich theoretisch folgendes: Ist y kleiner als x, so muß der Stallmist günstig wirken, ist y gleich x, so ist die Stickstoffwirkung derselben gleich Null und wird y größer als x, so werden von den sonstigen salpetersauren Salzen, welche in dem Boden vorhanden sind, größere oder kleinere Mengen zersetzt und der Stalldünger wirkt erniedrigend auf den Ertrag."

Wenn nun somit auch, wie wir bereits weiter oben erwähnten, durch die Erkennung der Denitrifikationserscheinungen mehr Licht über die Stallmistfrage verbreitet ist, so darf doch nicht verschwiegen werden, daß die teilweise sehr mangelhafte Wirkung des Stallmiststickstoffs nicht immer allein unter Zuhilfenahme der Denitrifikation erklärt werden kann, wie Pfeiffer dieses an der Hand einiger Beispiele gezeigt hat.

Nachdem wir so das Wesen der Denitrifikation besprochen haben, müssen wir der Frage nähertreten, welche Bedeutung sie für die Praxis besitzt.

Wie wir bereits hervorhoben, wurden die Forschungen über die Denitrifikation bisher zum größten Teil in Vegetationsgefäßen, welche zudem zumeist einen verhältnismäßig nur geringen Rauminhalt besaßen, ausgeführt.

Es wurden ferner, um die beabsichtigte Wirkung möglichst scharf zum Ausdruck zu bringen, oft Düngermengen angewandt, welche die in der Praxis gebräuchlichen oft ganz gewaltig überschritten.

Daß unter solchen Umständen der Denitrifikation ein gewaltiger Vorschub geleistet wurde, liegt auf der Hand, da das Salpeterzerstörungsvermögen der Bakterien in einem direkten Verhältnisse zu der ihnen in dem Miste zugeführten Energiequelle steht. Hierzu kommt noch, daß die Nährstoffe den Bakterien in den Gefäßen in einer viel feineren mechanischen Beschaffenheit und darum zugänglicheren Form dargeboten werden, als wie sie ihnen in der Praxis auf dem Felde zur Verfügung stehen. Es ist erwiesen, daß dieser Umstand von Bedeutung für den Verlauf der Denitrifikation ist. Eine solche Ertragsdepression, wie sie uns in den obigen Versuchen entgegentrat, wird also in der Praxis bei normaler Düngung schon vom theoretischen Standpunkte aus nicht zu befürchten sein und ist auch wohl noch nicht beobachtet worden.

Drei weitere Faktoren, deren Einfluß in ungleicher Weise in Gefäßen resp. auf freiem Felde zur Geltung gelangt, sind Wärme, Feuchtigkeit, Durchlüftung.

Wir haben zu prüfen, in welcher Weise dieses für den Verlauf der Denitrifikation in Gefäßen resp. auf freiem Felde von Wichtigkeit sein kann. Die Wärme ist in den Vegetationsgefäßen zur Zeit der Vegetation entschieden und unbestritten eine höhere, als im freiem Felde, und auf Grund vorliegender Versuche ist anzunehmen, daß infolgedessen auch für den Verlauf der Denitrifikation in den Kulturgefäßen viel günstigere Bedingungen vorhanden sind, als auf freiem Felde.

Es ist ferner nachgewiesen, daß der Feuchtigkeitsgrad der Erde in Beziehung zu

dem Verlauf der Denitrifikation steht, je feuchter die Erde war, um so größer war die Denitrifikation. Wenn man nun bedenkt, daß der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der Erde in den Kulturgefäßen, infolge des häufigen Gießens, ein entschieden höherer ist als auf freiem Felde, und man dieses mit den günstigeren Wärmeverhältnissen in den Töpfen zusammenhält, so wird man wohl mit Rücksicht auf diesen Umstand annehmen müssen, daß die Verhältnisse für den Verlauf der Denitrifikation in den Vegetationsgefäßen günstiger sind als auf dem Acker.

Hierzu kommt, daß die Durchlüftung aus manchen Gründen, die mit der besseren Wassercirkulation und anderen Umständen zusammenhängen, im freien Lande eine intensivere ist als in den Kulturgefäßen, und so muß man auf Grund mancher Erwägung annehmen, daß auch dieser Umstand von wesentlicher Bedeutung für den verschiedenen Verlauf der Denitrifikation einerseits, der Stallmistzersetzung und Stallmistausnutzung andererseits ist. Es würde zu weit führen diesen Gegenstand hier noch weiter verfolgen zu wollen.

Alles in allem wird man daher annehmen dürfen, daß infolge der schnelleren Zersetzung des Stallmistes, sowie infolge der ungünstigeren Verhältnisse für die Denitrifikation, die Wirkung des Stallmistes auf freiem Felde eine andere sein wird, als wie sie es in Kulturgefäßen ist.

Wir haben bereits an früherer Stelle ein Beispiel kennen gelernt (Seite 81), an der Hand dessen Pfeiffer gezeigt hat, daß derselbe Stalldünger innerhalb derselben Zeit auf Freilandparzellen zu einer ganz bedeutend besseren Wirkung gelangte, als es in Vegetationsgefäßen der Fall war. Dabei war die Ausnutzung des Stallmiststickstoffs auf freiem Felde eine derartig günstige, daß von einer nennenswerten Denitrifikation nicht die Rede sein konnte. Es möge hier noch ein anderer Versuch angeführt werden, der ebenfalls von der Versuchsstation Jena angestellt wurde und zu einem gleichsinnigen Resultate führte.

Ohne auf die Einzelheiten der Versuchsanstellung eingehen zu wollen, sollen hier nur einige Zahlen der Endresultate Platz finden.

Gefäßversuche.

Mehr (+) — oder Minder (—) — Ernte an Stickstoff im Vergleich zu den ohne jede Stickstoffdüngung belassenen Gefäßen:

	Düngung	Stickstoff-Ernte gegenüber „ungedüngt“.
$0,_5$ gr Nitrat N		+ $0,_{276}$ gr
	+ 250 gr gelagerten Rindviehmist	+ $0,_{129}$ „
	+ 500 „ „ „	+ $0,_{054}$ „
	+ 750 „ „ „	+ $0,_{041}$ „
Kein Nitrat N	+ 250 „ „ „	— $0,_{055}$ „
	+ 500 „ „ „	— $0,_{068}$ „
	+ 750 „ „ „	— $0,_{103}$ „

Diese Versuche wurden in Töpfen angestellt, die 27 kg Erde enthielten und eine Oberfläche von cirka 800 □ cm besaßen. Versuchspflanze war Senf.

Sie zeigen, daß durch die Stallmistdüngung die Aufnahme sowohl des Bodenstickstoffs, als auch des zugesetzten Stallmiststickstoffs, durch die Pflanzen herabgedrückt wurde, und daß diese Depression mit steigenden Stallmistgaben zunahm.

Es hatte also eine erhebliche Denitrifikation stattgefunden. Sehen wir nun, wie sich die Verhältnisse gestalten bei den

Parzellenversuchen.

Stickstoffdüngung	Mehrernte an Stickstoff im Vergleich zu den ohne jede Stickstoffdüngung belassenen Parzellen	Von dem Nitratstickstoff entfielen auf die Mehrernte an Stickstoff
6 kg gelagerter Rindermist ohne Salpeter	0,467 gr	—
6 „ gelagerter Pferdemist ohne Salpeter	5,166 „	—
6 „ frischer Pferdekot ohne Salpeter	1,886 „	—
2,5 gr Nitrat N	—	1,075 gr
4 kg gelagerter Rindermist + 2,5 gr Nitrat N	—	1,171 „
6 „ gelagerter Rindermist + 2,5 „ Nitrat N	—	1,079 „
8 „ gelagerter Rindermist + 2,5 „ Nitrat N	—	1,117 „
4 „ gelagerter Pferdemist + 2,5 „ Nitrat N	—	1,249 „
6 „ gelagerter Pferdemist + 2,5 „ Nitrat N	—	1,473 „
8 „ gelagerter Pferdemist + 2,5 „ Nitrat N	—	1,473 „
4 „ frischer Pferdekot + 2,5 „ Nitrat N	—	1,116 „
6 „ frischer Pferdekot + 2,5 „ Nitrat N	—	1,202 „
8 „ frischer Pferdekot + 2,5 „ Nitrat N	—	1,054 „

Hierzu ist zu bemerken, daß der benutzte Rindermist derselbe war, wie der, welcher bei den Topfversuchen Verwendung fand. Die Gabe von 6 kg Mist pro Parzelle (von 1 □ m) entspricht ungefähr der Menge von 500 gr Mist pro Topf bei den Gefäßversuchen.

4, 6 und 8 kg Mist entspricht ferner einer Düngung von 200, 300 und 400 Ctr. Mist pro Morgen.

Bodenart: leichter Sandboden, welcher auch für die Gefäßversuche benutzt wurde. Versuchsfrucht: Senf.

Es tritt bei diesen Versuchen wieder der auffällige Unterschied zwischen Gefäßversuchen und Freilandversuchen hervor. Derselbe Rindermist, der dort schädigend gewirkt hatte, hat hier eine deutliche Mehrernte ergeben. Ferner zeigen diese Versuche, daß die benutzten Mistarten selbst in einer Höhe von 800 D.-Ctr. pro ha keine geringere Ausnutzung des Boden- und Salpeterstickstoffs bewirkt haben.

Auf weitere Einzelheiten, die dieser Versuch noch hinsichtlich der merkwürdig verschiedenen Ausnutzung des Stallmiststickstoffs ergeben hat, soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, daß man nicht ohne weiteres die Resultate von Topfversuchen auf praktische Verhältnisse übertragen und die Bedeutung der Denitrifikation nach den bei ersteren gewonnenen Resultaten allgemein bemessen darf, wie es wohl in der ersten Zeit nach dem Bekanntwerden der Denitrifikationserscheinung geschehen ist.

Andererseits darf man sich aber auch nicht verhehlen, daß es unbedingt falsch sein würde, etwa aus dem Umstande, daß der Stalldünger auf freiem Felde bei richtiger Anwendung fast ausschließlich günstig wirkt, folgern zu wollen, daß eine Denitrifikation unter normalen Verhältnissen überhaupt nicht eintritt.

Eine partielle Denitrifikation ist immerhin möglich. Eine bestimmte Antwort

über die Bedeutung der Denitrifikation für die Praxis läßt sich aber vorderhand mangels ausreichender, mehrjähriger diesbezüglicher Versuche nicht geben.

Wir wollen nunmehr aus den bisherigen Forschungen einige Schlußfolgerungen für die Praxis ziehen.

Vor allem dürfte es zu vermeiden sein, gleichzeitig, oder kurz hintereinander, mit Stallmist, besonders im frischen Zustande, und Salpeter zu düngen.

Wenn man dagegen im Herbste den Dünger untergebracht hat und im Frühjahr dem Felde zu irgend einer Frucht noch Salpeter geben will, so dürfte dieses ganz unbedenklich sein, da der Stalldünger inzwischen, infolge der Zersetzung seiner organischen Stoffe, seine salpeterzerstörende Kraft verloren hat. Stutzer ist der Ansicht, daß durch den im Herbst dem Lande einverleibten Stalldünger auch der sich bei seiner Zersetzung bildende Salpeter in erheblichem Maße nicht vernichtet werden kann, da die Nitrifikationsbakterien gegen niedere Temperaturen sehr empfindlich sind, sodaß die Hauptbildung des Salpeters erst in der wärmeren Jahreszeit erfolgt. Bis dahin haben aber diejenigen Organismen, welche die Zersetzung der Kohlehydrate im Stalldünger veranlassen, und welche gegen niedrige Temperatur weniger empfindlich sind, den Stallmist ungeeignet gemacht, den Denitrifikationsbakterien noch als Nahrungs- und Energiequelle zu dienen. Daß frischer Mist, im Frühjahr angewandt, unter Umständen schädlich wirken kann, dafür bietet die Praxis Beispiele. Denken wir nur an das sogenannte „Brennen“ des frischen Pferdekotes. Man erklärte dieses früher durch seinen „hitzigen“ Charakter, der, wie wir oben gesehen, auf den großen Gehalt an leicht zersetzbarer Stickstoffverbindungen beruht. Jetzt nimmt man aber an, daß es nicht ein Überfluß an Stickstoff ist, der dieses „Brennen“ verursacht, sondern ein Mangel, dadurch bedingt, daß durch den großen Gehalt des frischen Pferdekotes an für die Denitrifikationsbakterien geeigneten Nährstoffen, diese Bakterien sofort allen für die Pflanzen verfügbaren Salpeterstickstoff zu zerstören imstande sind.

Es ist daher richtiger, im Frühjahr frischen und strohigen Mist nicht zu verwenden, sondern einen mäßig verrotteten, aber rationell aufbewahrten, von der Düngstätte, da einem solchen nicht mehr größere Mengen für die Salpeterzerstörer taugliche Nährstoffe innewohnen, und er den Pflanzen zur richtigen Zeit die nötigen Nährstoffe liefern kann. Ist man aber, und dieses wird oft der Fall sein, gezwungen, frischen Mist im Frühjahr zu verwenden, so erscheint es auf Grund vorliegender Versuche durchaus geboten, dieses einige Monate vor der Bestellung zu thun.

Diese Regel, die ja auch meistens in der Praxis aus dem Grunde befolgt wird, damit der aufgelockerte Boden sich wieder setzt, um den Pflanzen einen geeigneten Standort zu bieten, gewinnt vom Standpunkt der Lehre von der Denitrifikation eine weitere Bedeutung.

Der frische Mist, unmittelbar vor der Bestellung untergepflügt, kann deshalb mangelhaft wirken, weil er einmal eine teilweise Denitrifikation im Boden zu bewirken imstande ist und zweitens eine ungestörte Nitrifikation der organischen Stickstoffverbindungen erst zu einer Zeit aufkommen läßt, wo dieselbe für die Pflanzen nicht mehr von wesentlichem Nutzen sein kann.

Um eine beschleunigte Zersetzung des Stalldüngers auf dem Felde zu bewirken und zugleich auch die Nitrifikation zu fördern, ist eine gleichzeitige Anwendung von Kalk angezeigt.

Beim Unterpflügen des Mistes ist darauf zu achten, daß dasselbe nicht so tief erfolgt, daß der Zutritt von Luft zum Miste ein ungenügender ist.

Da der Torf eine geeignete Nährstoffquelle für die Denitrifikationsbakterien nicht bietet, er aber zugleich ein brauchbares Einstreumittel darstellt, so sei an seine diesbezüglichen Eigenschaften, unter Hinweis auf das früher über ihn Gesagte, auch an dieser Stelle noch einmal erinnert.

Wenn wir nun hiermit unsere Ausführungen über den Stallmist im allgemeinen und über die Wirkung des Stallmistes im besonderen, mit Rücksicht auf den für dieses Thema verfügbaren Raum, abbrechen, so kann dieses nicht geschehen ohne den Hinweis, daß die obigen Darlegungen keineswegs als den Gegenstand erschöpfend angesehen werden dürfen. Die Stallmistfrage ist so kompliziert, und die Stallmistwirkung so zusammengesetzter Natur, sie äußert sich in so verschiedenartiger Weise und ist von so mannigfachen, zum Teil wohl noch nicht einmal genau übersehbaren, geschweige denn erforschten Einflüssen abhängig, daß wir zur Zeit nicht imstande sind, alle uns bei Versuchen entgegentretenden Erscheinungen mit Hilfe unserer heutigen Kenntnisse genügend sicher und richtig zu deuten, ohne den Boden der experimentellen Forschung unter den Füßen zu verlieren. Aus diesen Gründen haben wir uns darauf beschränkt die wichtigsten und in der Neuzeit am meisten erforschten und ventilierten Fragen zu besprechen und dabei zugleich Gelegenheit genommen, die Mittel und Wege und Art und Weise anzudeuten, mittels derer die wissenschaftliche Forschung sich bemüht hat und es ihr gelungen ist, weiteres Licht über manche Punkte zu verbreiten.

Wir haben gesehen, daß die Agrikulturchemie einen neuen Wissenszweig, die Bakteriologie, zur Bearbeitung der Stallmistfrage in sich aufgenommen hat, und es steht zu hoffen, daß es in Anbetracht der eifrigen Arbeit, die zur Zeit auf dem in Frage stehenden Gebiete entfaltet wird, der Agrikulturchemie gelingen wird, obige Frage in nicht allzu ferner Zeit einer befriedigenden Lösung entgegenzuführen.

Die Stallmistwirtschaft.

Um die Bedeutung des Stallmistes für die Landwirtschaft richtig zu verstehen, erübrigt es noch, seine Stellung zu den übrigen Düngemitteln kurz zu charakterisieren.

Wir haben wiederholt darauf hingewiesen, daß der Stallmist ein vollständiger Dünger ist, d. h., daß er alle für das Leben und Gedeihen der Pflanzen erforderlichen Nährstoffe enthält und zugleich den Boden in physikalischer Beziehung günstig zu beeinflussen vermag.

Hiermit ist aber noch nicht gesagt, daß der Stallmist auch ein ausreichender Dünger ist, daß der in einer Wirtschaft erzeugte Stalldünger allein genügt, die Felder derselben in rationeller Weise zu düngen. Um hierüber ein Urteil zu gewinnen, wollen wir zunächst prüfen, wie es in einer reinen Stallmistwirtschaft, woselbst also kein direkter Zukauf von Düngemitteln erfolgt, um den Wiederersatz der dem Boden durch die Ernten entnommenen und in Form von pflanzlichen und tierischen Produkten ausgeführten Nährstoffmengen zu geben, bestellt ist.

So verschieden sich nun auch in Anbetracht der abweichenden wirtschaftlichen Verhältnisse die diesbezüglichen Verhältnisse im Einzelfalle gestalten mögen, so unterliegt es doch auf Grund der darüber angestellten statistischen Erhebungen keinem Zweifel, daß der in einer Wirtschaft erzeugte Stallmist, sowie die übrigen der Wirtschaft entstammenden Düngemittel, im allgemeinen nicht ausreichend sind, um diejenigen Nährstoffmengen zu decken, die durch den Verkauf von tierischen und pflanzlichen Produkten der Wirtschaft entzogen werden.

Eine reine Stallmistwirtschaft wird also in den meisten Fällen zu einem Raubbau führen, und je nach den besonderen wirtschaftlichen Verhältnissen werden sich die Folgen derselben früher oder später geltend machen.

Es giebt nun allerdings Fälle, wo durch eine ausschließliche Stallmistdüngung ein vollständiger Ersatz für die in den von einem Gute verkauften, landwirtschaftlichen Erzeugnissen enthaltenen Nährstoffe geschaffen werden kann.

Dieses kann z. B. dann möglich sein, wenn das betreffende Gut über so ausgedehnte und gute Wiesen verfügt, daß dieselben infolge ihrer natürlichen Fruchtbarkeit jenes durch die Ausfuhr bedingte Nährstoffdefizit auszugleichen vermögen, oder aber es kann ein Nährstoffgleichgewicht dann erzielt werden, wenn der Ausfuhr von Nährstoffen, in Form von Korn und Fleisch, eine entsprechende Einfuhr, in Form von Futterstoffen, gegenübersteht.

Ebenso unzweifelhaft aber wie es ist, daß der alleinige Gebrauch von Stalldünger den Fruchtbarkeitszustand eines Gutes auf die Dauer in der Regel nicht zu erhalten, geschweige denn zu verbessern vermag, ebenso sicher ist es, daß der Stallmist für einen Teil des pfluggängigen Landes einer Wirtschaft die erforderlichen Nährstoffe, vom Standpunkte des Wiederersatzes aus, zu liefern vermag.

Aber trotzdem ist eine ausschließliche Stallmistdüngung auch für diesen Teil des Gutes nicht rationell.

Denn wenn wir das Verhältnis der im Stallmist dem Boden zugeführten Nährstoffe vergleichen mit dem Nährstoffverhältnis der Ernten irgend einer Fruchtfolge, so werden wir finden, daß die beiden nicht unbedeutend von einander abweichen, und daß es besonders die Phosphorsäure ist, welche in dem Stallmist in verhältnismäßig zu geringer Menge vorhanden ist.

Wollen wir daher das Gleichgewicht in Bezug auf diesen Nährstoff herstellen, so werden wir es nicht thun können, ohne mit den anderen Nährstoffen eine Luxus-Düngung zu treiben; daß dieses aber unter Umständen wenig rationell ist, liegt auf der Hand.

Die Entwickelung der Düngerlehre einerseits, die heutigen Handels- und Verkehrs-Verhältnisse andererseits, haben nun weiter bewirkt, daß die moderne Landwirtschaft erkannt hat, daß die Aufgabe einer rationellen Düngung nicht, wie es die alte Lehre von der landwirtschaftlichen Statik glaubte, darin besteht, dem Boden die durch die voraufgegangenen Ernten entnommenen Nährstoffe einfach zurückzuerstatten, sondern darin: die Pflanzen unter sorgfältiger Berücksichtigung ihres besonderen Düngungsbedürfnisses, sowie des Düngungsbedürfnisses des Bodens so zu düngen, um unter Aufwendung der relativ geringsten Mittel die größtmöglichen Erfolge zu erzielen. Dieses ist aber mit alleiniger Anwendung von Stalldünger nicht zu erreichen, dazu bedarf es der Beihilfe der künstlichen Düngemittel.

Daß dieses richtig ist, dürfte am schlagendsten bewiesen werden durch den ständig zunehmenden Verbrauch an künstlichen Düngemitteln, worüber umstehende Tabelle einen Überblick geben möge.

Auf Grund dieser Zahlen glauben wir von der Beibringung weiteren Beweismaterials für obige Behauptung absehen zu können.

Wenn wir nun aus den vorstehenden Darlegungen entnehmen müssen, daß eine Stallmistdüngung für sich nicht ausreichend ist, um die erhöhten Ansprüche, die der Landwirt unter den heutigen Verhältnissen an die Ertragsfähigkeit seines Bodens zu stellen genötigt ist, zu verwirklichen, sondern daß dieses nur unter Zuhilfenahme

Deutschlands Verbrauch an einigen Düngemitteln in Tonnen.

Jahr	Chilisalpeter	Superphosphat	Thomasphosphat	Kalisalze
1865	cirka 10 000	—	—	cirka 6 000
1882	127 000	230 000	—	40 000
1887	195 000	280 000	50 000	115 000
1892	370 000	320 000	550 000	405 000
1897	510 000	340 000	620 000	725 000

Verbrauch per ha in kg.

Salpeter 1895		kg	Thomasphosphat		1896	1897
				Deutschland	18,8	23,3
	Deutschland	16,9		Thüringen	12,8	15,9
	Belgien	51,7		Westfalen	55,3	61,7

von künstlichen Düngemitteln möglich ist, so verliert der Stalldünger doch durch diesen Umstand wenig an Bedeutung.

Denn so aussichtslos es auch immer sein muß, unter den obwaltenden wirtschaftlichen Verhältnissen, eine Wirtschaft ohne Anwendung von Kunstdünger rationell und intensiv betreiben zu wollen, so wenig wird es möglich sein, auf die Dauer den Fruchtbarkeitszustand eines Feldes ohne die Zufuhr von organischen Substanzen, zu erhalten. Unter den organischen Düngemitteln nimmt aber der Stallmist den ersten Platz ein. Die vielen hervorragenden Eigenschaften, die der Stallmist außer seinem Nährstoffgehalt besitzt, lassen sich nicht durch die Handelsdünger ersetzen und sichern ihm schon aus diesem Grunde seine große Bedeutung.

Stallmist und Kunstdünger müssen sich daher durch ihre specifischen Eigenschaften gegenseitig in ihrer Wirkung unterstützen und ergänzen, um den Kulturzustand einer Wirtschaft auf die jetzt erforderliche Höhe zu bringen und zu erhalten.

B. Die Exkremente des Geflügels. Der Kompostdünger. Der Fäkaldünger.

Der Dünger des Geflügels. Obgleich der Geflügelmist in der heutigen Landwirtschaft bei weitem nicht mehr die Bedeutung besitzt, welche ihm im Altertum, besonders bei den alten Römern, eingeräumt war, dürften doch einige Angaben über denselben nicht ohne Interesse sein.

Die Menge der jährlich von einem Stück Federvieh erzeugten Exkremente ist nach Heiden folgende:

Taube	Huhn	Gans	Ente
5,5 Pfd.	11 Pfd.	22 Pfd.	17 Pfd.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Düngerarten ergiebt die umstehende Tabelle*):

*) Nach E. Heiden resp. A. Mayer.

	Taubenkot	Hühnerkot	Gänsekot	Entenkot
Wasser	62 %	59,7 %	82 %	53 %
Organische Substanz	31 bis 32 %	29,4 „	14 „	40 „
Stickstoff	1,2 bis 2,4 „	0,8 bis 1,4 %	0,6 „	0,8 „
Phosphorsäure	2 %	0,5 %	0,4 „	1,5 „
Kali	1 bis 2 %	0,6 „	0,4 „	0,2 „

Die mitgeteilten Zahlen können natürlich in Anbetracht der Wechselbeziehung, die zwischen der Zusammensetzung des aufgenommenen Futters und der abgeschiedenen Exkremente besteht, im Einzelfalle großen Schwankungen unterliegen. Sie harmonieren aber mit der allgemeinen Ernährungsweise der betreffenden Tiere und zeigen, daß besonders der Taubenkot reich an Pflanzennährstoffen und speciell auch an wertvollem Stickstoff ist.

Wenn es, wie es in der Regel der Fall sein dürfte, mit Rücksicht auf die geringen zur Verfügung stehenden Mengen, nicht angängig ist, den Geflügelmist für sich zu verwenden, so sollte man es doch nicht unterlassen, denselben für den Komposthaufen zu sammeln.

Der Kompost. Wie schon sein Name andeutet, ist der Kompostdünger nicht einheitlichen Ursprunges, sondern ein Gemenge der verschiedensten Pflanzennährstoffe enthaltenden Substanzen, welche durch geeignete Behandlung in einen düngungsfähigen Zustand übergeführt werden.

Dementsprechend läßt sich der Gehalt eines Kompostdüngers an Nährstoffen auch nicht annähernd durch Mittelzahlen ausdrücken, da derselbe vollkommen abhängig ist von den zur Kompostierung verwendeten Materialien. Dennoch ist ein gut bereiteter Kompostdünger ein nicht zu unterschätzendes Düngemittel, er eignet sich für alle Pflanzen und Böden und besitzt außer seinen pflanzenernährenden Eigenschaften auch noch in mehr oder minder hohem Grade, in ähnlicher Weise wie der Stallmist, die Fähigkeit, den Boden in physikalischer Beziehung günstig zu beeinflussen.

Stöckhardt hat den Komposthaufen eine Düngersparkasse genannt, in welche der Landwirt alle unbedeutenden Abfälle, die sonst verloren gehen würden, einlegt, und die schließlich ein ganz nettes Kapital geben. Dieses ist gewiß zutreffend, aber Heiden weist schon sehr richtig darauf hin, daß der Kompost, wenn er wirklich rationell dargestellt wird, durchaus kein billiger Dünger ist, da seine Bereitung und Pflege einen nicht unbedeutenden Arbeitsaufwand verlangen. Diesem Umstande in Verbindung mit der Thatsache, daß die Arbeitskräfte unter den heutigen Zeitverhältnissen gegenüber früheren im Preise sehr gestiegen sind, die künstlichen Düngemittel sich dagegen wesentlich verbilligt haben, dürfte es zuzuschreiben sein, daß dem Kompostdünger heute nicht mehr die Beachtung geschenkt wird, die er früher besaß.

Zur Kompostbereitung können, wie gesagt, alle diejenigen Abfallstoffe benutzt werden, welche irgendwelchen Dungwert besitzen, die aber für sich allein nicht gut zur Düngung benutzt werden können, oder deren Dungwert doch durch die Kompostierung steigt.

Solcher Materialien stehen dem Landwirte bekanntlich eine Menge, teils in seiner eigenen Wirtschaft zu Gebote, teils kann er sich dieselben ohne besonderen Kostenaufwand verschaffen.

Wir wollen, ohne erschöpfend zu sein, auf die wichtigsten an dieser Stelle hinweisen, und ohne auf ihren besonderen Düngewert, der sich z. T. aus den am Schlusse des Buches befindlichen Tabellen ersehen läßt, hier näher einzugehen.

Es eignen sich zur Kompostbereitung:

1. Abfälle animalischen Ursprunges, wie Fleisch, Blut, Eingeweide, Knochen, Klauen, Hörner, Borsten, Haare, Federn von geschlachteten resp. gefallenen Tieren; ferner Engerlinge, Maikäfer, Schnecken, Raupen 2c., sowie menschliche Exkremente und Geflügelmist.

Auch Abfälle technischer Gewerbe, wie Hornspäne, Wollstaub, Lederabfälle, Abfälle aus Gerbereien, Leimfabriken 2c. können zur Kompostbereitung herangezogen werden.

2. Stoffe vegetabilischer Natur:

Die verschiedensten Unkräuter, wobei zu bemerken ist, daß es ratsam ist, die Unkrautsamen von der Verwendung auszuschließen, oder doch erst dann zu verwenden, nachdem man ihre Keimfähigkeit sicher (durch kochen) zerstört hat. Kartoffelkraut, Baumlaub, Maiskolben, Gerstenspreu, Sägespäne, verdorbene Oelkuchen, sowie sonstiges verdorbenes Futter, Seetangen 2c. Sodann die Abfälle von der Flachsbereitung, Malzkehricht, Brauereiabfälle, Abfälle der Tabakfabriken, Rückstände der Weinbereitung.

3. Mineralische Substanzen.

Asche von Holz, Torf, Braun- und Steinkohlen, Bauschutt, Ruß 2c.

Außerdem Erde, Schlick, Moder, Kehricht aus dem Hofe, dem Hause, den Scheunen, Abraum von Wegen und Chausseen, geeignete Küchenabfälle, Spülwasser, Schlamm, Abfälle aus Zuckerfabriken, wie Scheideschlamm 2c.

Wir müssen nun noch mit einigen Worten auf die Bereitung des Kompostes resp. auf die Anlage des Komposthaufens eingehen.

Vor allem ist auf die Beschaffung einer guten Komposterde Bedacht zu nehmen, welche die Grundmasse einer jeden Kompostanlage bildet. Zur Herstellung guter Komposterde schichtet man Erde und, soweit davon zur Verfügung steht, Moder, Moorerde, Seeschlick, Chaussee- und Graben-Abraum, Kehricht aller Art, Sägespäne, Kalkschutt, Asche und ähnliche Materialien, nachdem sie nötigenfalls gehörig zerkleinert worden sind, übereinander, in der Art, daß Haufen von etwa 1 m Höhe und beliebiger Breite und Länge entstehen. Die so gebildeten Haufen, denen, falls es an Asche und Kalkschutt mangelte, zweckmäßig gebrannter Kalk beigemengt wird, bedeckt man mit Erde, und hält sie mit Hilfe von Wasser resp. Jauche auf einem mittleren Feuchtigkeitsgrad. In diesem Zustande überläßt man die Haufen sich selbst. Nach 3 bis 6 Monaten setzt man die Haufen um und läßt sie wiederum lagern, bis die Kompostierung vollendet ist, d. h. bis das Ganze eine gleichmäßige Masse geworden ist.

Mit dieser Erde, an deren Stelle man eventuell auch gewöhnliche Erde benutzen kann, kompostiert man die eben aufgezählten Abfälle in der soeben angegebenen Art so lange, bis der Kompost „reif" ist, d. h. bis er eine homogene Masse bildet.

Dieses dauert je nach der Natur der angewandten Materialien verschieden lange, und es ist darum zu empfehlen, stets mehrere Komposthaufen von verschiedenem Alter anzulegen. Durch häufiges Umarbeiten, Zusatz genügender Mengen kalkhaltigen Materials und dadurch, daß man für einen mäßigen Feuchtigkeitsgrad Sorge trägt, kann man die Kompostierung wesentlich beschleunigen.

Es kann unter Umständen zweckmäßig sein, verschiedenartige Komposthaufen in der Art anzulegen, daß man gleichartige Stoffe für sich kompostiert und die betreffenden Haufen entweder für sich oder nach vorherigem Mischen verwendet.

Ferner sei noch darauf hingewiesen, daß es aus manchen Gründen, z. B. um eine Beschattung zu schaffen, angezeigt ist, den Komposthaufen zu bepflanzen.

Hierzu eignen sich am besten Kürbisse oder Mais, die später zu Futterzwecken Verwendung finden können. Ein gut hergestellter Kompost enthält die Pflanzennährstoffe zum größten Teil im assimilierbaren Zustande und kann daher überall angewandt werden.

Mit Vorliebe wird er jedoch zur Düngung von Wiesen benutzt.

Der Fäkaldünger. Wir haben darauf hingewiesen, daß den landwirtschaftlichen Betrieben durch den Verkauf von pflanzlichen und tierischen Produkten alljährlich eine große Menge von wertvollen Pflanzennährstoffen entzogen werden. Diese so ausgeführten Stoffe sind für die Landwirtschaft zum größten Teil verloren. Sie wandern in die Städte und kehren nach der Lage der Dinge nur zum geringsten Teil aufs Land zurück, weil der rationellen landwirtschaftlichen Verwertung der städtischen Abfallstoffe, welche eben jene Pflanzennährstoffe fast vollständig in sich bergen, zur Zeit noch viele Schwierigkeiten entgegenstehen, Schwierigkeiten, welche mit der Größe der Städte wachsen. Schon Liebig erkannte voll die große landwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Bedeutung einer richtigen Verwertung der menschlichen Exkremente, und es ist mit Genugthuung zu konstatieren, daß diese Erkenntnis im Laufe der Zeit in den zunächst beteiligten Kreisen an Boden gewonnen hat.

Um aber der kulturhistorischen Forschung gerecht zu werden, dürfen wir nicht unterlassen zu erwähnen, daß die Verwendung der menschlichen Auswurfstoffe zu Düngezwecken bis in das graue Altertum zurückzuverfolgen ist und bei den verschiedensten Völkern angetroffen wurde. Noch heute findet sie im ausgedehntesten Maße in dem relativ vieharmen China und Japan statt.

In den heutigen Kulturländern, und unter diesen interessiert uns natürlich hier an erster Stelle Deutschland, haben die menschlichen Auswurfstoffe, resp. die städtischen Abfallstoffe eine regelmäßige und allgemeine Verwendung jedoch bis jetzt noch nicht gefunden. Die Gründe hierfür sind verschieden und mannigfaltig. Einmal dürfte der landwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Wert hinsichtlich der landwirtschaftlichen Verwertung der städtischen Abfallstoffe noch nicht in genügender Weise in die interessierten Kreise eingedrungen sein und sodann harmonieren betreffs der Fortschaffung der Fäkalien nicht immer die städtischen und landwirtschaftlichen Interessen, da wir zur Zeit noch nicht über ein Abfuhr- resp. Beseitigungs-System verfügen, welches den berechtigten Forderungen von Stadt und Land in gesundheitlicher resp. in ästethischer, wirtschaftlicher, pekuniärer und technischer Beziehung vollauf Genüge leistet.

Hieraus folgt natürlich, daß die verschiedenen Systeme der Städtereinigung, wie sie heute in Gebrauch sind, einer rationellen Verwertung der Abfallstoffe mehr oder weniger hindernd im Wege stehen.

Wir wollen die verschiedenen Systeme, soweit sie uns hier interessieren besprechen, zuvor aber einen Blick auf die Zusammensetzung der Fäkalien werfen, um ihren Wert ermessen zu können.

Man kann annehmen, daß der Mensch im großen Durchschnitt täglich 1333 g Kot und Harn ausscheidet, und daß dieselben im Mittel*) enthalten an Pflanzennährstoffen:

---

*) Da die Verdauung der Menschen natürlich denselben Gesetzen unterliegt, wie diejenigen der übrigen Säugetiere, so bedarf es unter Hinweis auf das früher über diesen Gegenstand Gesagte (siehe Seite 38) keiner weiteren Erörterung darüber, daß die Zusammensetzung der menschlichen Exkremente keine konstante ist, sondern von vielen Faktoren, wie z. B. von der Art der Nahrung, der Individualität 2c. abhängig ist.

		Nach Vogel	Nach A. Mayer
Stickstoff	in leicht aufnehmbarer Form	9,6 g = 0,72 %	1,06 %
„	„ schwer „ „	1,7 g = 0,13 %	
Phosphorsäure .	„ leicht „ „	1,9 g = 0,15 %	0,23 %
„ .	„ schwer „ „	1,5 g = 0,11 %	
Kali	„ leicht „ „	2,3 g = 0,17 %	0,22 %
„	„ schwer „ „	0,5 g = 0,04 %	

Auf Grund dieser Zahlen hat Vogel den theoretischen Wert der pro Kopf und Jahr ausgeschiedenen Stoffe auf 5,15 Mk. berechnet, das ist pro cbm etwa 10,57 Mk.

Selbst wenn man aber mit Pfeiffer den Düngerwert nur mit 4 Mk. pro Kopf und Jahr veranschlägt, so geht aus diesen Taxen doch klar die große Bedeutung der Fäkalien als Düngemittel hervor.

Die Gesamtmenge der von einer Person jährlich ausgeschiedenen Exkremente verteilt sich nach Heiden auf Kot und Harn in folgender Weise:

	Kot kg	Harn kg	Zusammen kg
Gesamtmenge im frischen Zustande	48,6	438,0	486,6
Trockensubstanz	11,1	23,3	34,4
Organische Bestandteile	9,5	18,2	27,7
darin Stickstoff	0,8	4,4	5,2
Asche	1,7	4,7	6,4
darin Phosphorsäure	0,6	0,65	1,25
Kali	0,27	0,81	1,08

Diese Übersicht zeigt uns, daß der Mensch absolut eine sehr viel größere Menge Harn produziert als Kot. Bei den Pflanzenfressern dagegen konnten wir, wie erinnerlich, eher ein umgekehrtes Verhältnis konstatieren. Ferner ersehen wir aus der Tabelle, daß der Harn die bei weitem größte Menge von Pflanzennährstoffen enthält.

Da nun wie bekannt, besonders der menschliche Urin entsprechend unseren Gewohnheiten nur zum Teil in die zur Ansammlung der menschlichen Auswurfstoffe bestimmten Orte gelangt, so folgt daraus natürlich, daß der Abtrittsdünger schon aus diesem Grunde nicht die Zusammensetzung zeigen kann, wie die durchschnittliche Zusammensetzung der sorgfältig gesammelten und gemischten Exkremente, welche wir unseren obigen Darlegungen zu Grunde gelegt haben. Außer durch die unvollständige Ansammlung der Exkremente kann natürlich die Zusammensetzung der zur Abfuhr gelangenden Abfallstoffe noch durch manche andere Umstände, wie Zersetzung, Versickerung, Zumischen von anderweitigen Stoffen, wie Wasser, Asche &c. derartig verändert werden, daß es unmöglich ist, a priori genaue Angaben über den Gehalt der unter dem Einfluß der verschiedenen Systeme angesammelten Dungmassen zu geben. Es sei daher schon an dieser Stelle ausdrücklich betont, daß die im nachfolgenden bei der Besprechung der einzelnen Abfuhr- resp. Spül-Systeme mitzuteilenden Durchschnittsanalysen auch innerhalb desselben Systems im Einzelfall nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterliegen können.

Um den Wert der einzelnen in den festen und flüssigen Auswürfen enthaltenen

Pflanzennährstoffe zu charakterisieren, genüge der Hinweis, daß dieselben nach Düngungsversuchen von Pfeiffer und Hansen, die mit Torffäkalien ausgeführt wurden, eine bessere Wirkung gezeigt haben, als die entsprechenden Bestandteile des Stallmistes. Besonders traf dieses bezüglich des Stickstoffs zu. Über ähnliche günstige Resultate wurde auch von Märcker berichtet.

Die verschiedenen Beseitigungssysteme lassen sich zunächst in zwei Hauptgruppen teilen: in die Abfuhrsysteme, wozu das Gruben- und Tonnensystem gehört, und in die Kanalisationssysteme (Schwemmsystem, Lienur-System), deren es verschiedene giebt.

Das Grubensystem ist das älteste und verbreitetste.*) Es ist aber auch, wie hier gleich erwähnt sein mag das schlechteste. Weder in hygienischer und ästhetischer Beziehung, noch in Bezug auf die landwirtschaftliche Verwertung der Dungmassen, vermag es den billigerweise zu stellenden Anforderungen zu genügen.

Vogel hat berechnet, daß bei dem Grubensystem teils durch mechanische Verluste, teils durch Versickerung resp. Verflüchtigung der Nährstoffe, bis zu 70 % des Düngerwertes der Auswürfe bis zur Abfuhr derselben aus den Gruben verloren gehen.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Grubendüngers zeigt folgende Zusammenstellung:

	Nach Vogel	Nach Neßler	Nach A. Mayer
Wasser	95,89	95,99	96,16
Gesamtstickstoff . . .	0,367	0,41	0,16
Ammoniakstickstoff .	0,107	?	?
Phosphorsäure . . .	0,158	0,19	0,60
Kali	0,152	0,14	0,19

Das Tonnen- oder Kübelsystem, welches bis jetzt erst in 4 % aller Städte Deutschlands allgemein und in 10 % zum Teil eingeführt ist, bedeutet trotz mancher ihm noch anhaftenden Mängel einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Grubensystem. Auf die technischen Einrichtungen der verschiedenen Ansammlungs- und Abfuhrarten, die wir bei diesem Systeme antreffen, von dem primitiven, offenen Kübel-System aufwärts bis zum Heidelberger System der geschlossenen, eisernen Tonnen, hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Wir wollen aber nicht unterlassen darauf hinzuweisen, daß dieses Abfuhrsystem nach Ansicht der Sachverständigen für alle diejenigen Städte, für welche aus dem einen oder anderen Grunde ein Kanalisations-System nicht in Betracht kommen kann, also für die meisten kleineren und mittleren Städte zur Zeit die zweckmäßigste Art zur Beseitigung der menschlichen Auswurfstoffe sein dürfte, da es bei sachgemäßer Durchführung sowohl in gesundheitlicher Beziehung, als auch vom ökonomischen Standpunkte aus, befriedigendes zu leisten vermag. Auch die beteiligten landwirtschaftlichen Kreise haben alle Ursache der Einführung dieses Systems ihr Interesse entgegenzubringen, da die gewonnenen Dungmassen, infolge der kürzeren Auffammlungszeit und wegen ihres unverdünnten Zustandes, einen weit höheren Gehalt an Pflanzennährstoffen besitzen, als dieses bei Grubendünger der Fall ist.

Die durchschnittliche Zusammensetzung der in Tonnen resp. Kübeln gesammelten Auswürfe ist folgende:

*) Dieses System ist zur Zeit noch in 93 % aller Städte Deutschlands vorhanden.

	Nach Vogel	Nach A. Mayer Amsterdamer Tonnen	Augsburger Tonnen	Heidelberger Tonnen mit Wasserspülung
Wasser	92,312 %	85,0 %	93,0 %	
Gesamtstickstoff	0,750 „	0,94 „	0,6 „	0,29
Ammoniakstickstoff	0,426 „			
Phosphorsäure	0,266 „	0,54 „	0,2 „	0,07
Kali	0,285 „	0,37 „	0,2 „	

In manchen Orten werden die nach diesem Systeme gewonnenen Massen durch Vermischen mit Torfmull und Kehricht mit Vorteil in einen versandfähigen Dünger umgewandelt, dessen Zusammensetzung allerdings je nach der Herstellung und der Lagerung oft beträchtlich schwankt. Einen Überblick über die ungefähre Zusammensetzung eines solchen Düngers möge die nachstehende, von Vogel mitgeteilte Analyse eines Kompostes, wie er in Stade durch Vermengen der Auswürfe mit Kehricht und Torfmull, gewonnen wird, gewähren.

Steine u. s. w.	4,660 %	Gesamtstickstoff	0,677 %
Trockengehalt	33,870 „	Ammoniakstickstoff	0,241 „
Wasser	61,480 „	Phosphorsäure	0,390 „
Asche	23,240 „	Kali	0,360 „
Organische Stoffe	10,630 „		

Mit Recht wird es als eine wesentliche Verbesserung bezeichnet, daß manche Städte dazu übergegangen sind, einen Zusatz von Torfstreu schon im Abort, unmittelbar nach dessen Benutzung, anzuordnen. Dieses vorgeschriebene Bedecken der Auswurfstoffe unmittelbar nach ihrer Entleerung, sei es daß dasselbe selbstthätig, wie in den Torfstreuklosets, stattfindet, oder daß es auf andere Weise vorgenommen wird, ist sowohl vom hygienischen, als auch vom Standpunkte des Landwirtes aus mit Freuden zu begrüßen. In letzterer Beziehung deshalb, weil auf diese Weise infolge der konservierenden Eigenschaften des Torfes ein bei weitem wertvollerer Dünger erzielt wird, als wie es der Fall ist, wenn die Torfstreu resp. der Kehricht erst nach der Abfuhr den Massen zugesetzt wird. Nach Vogel hatte ein in Neumünster gewonnener Torfstuhldünger im Durchschnitt folgende Zusammensetzung:

Trockengehalt	12,140 %	Ammoniakstickstoff	0,367 %
Organische Substanz	9,820 „	Phosphorsäure	0,310 „
Asche	2,320 „	Kali	0,300 „
Gesamtstickstoff	0,827 „		

Thiesing teilt hinsichtlich der Zusammensetzung eines in Hann.-Münden (Torfmull-Kübelanlage) gewonnenen Mengedüngers folgende Zahlen mit:

	Dünger 2 Wochen alt	9 Wochen alt
Trockenmasse	24,46 %	35,98 %
Gesamtstickstoff	0,79 „	0,63 „
Ammoniakstickstoff (wasserlöslich)	0,29 „	0,24 „
Salpeterstickstoff	0,00 „	0,00 „
Gesamtphosphorsäure	0,37 „	0,31 „
Wasserlösliche Phosphorsäure	0,15 „	0,10 „
Citratlösliche „ (nach Petermann)	0,32 „	0,29 „
Kali	0,32 „	0,40 „
Kalk	0,27 „	0,55 „

Die Kanalisationssysteme, bei welchen die Fortschaffung der Unratmassen aus der Stadt durch unterirdische Röhrenleitungen erfolgt, sind vor der Hand nur in einigen größeren Städten (in 18 Städten = 3 % ausschließlich, außerdem in 15 Städten zum Teil) Deutschlands eingeführt. Da sich eine auch nur einigermaßen anschauliche Beschreibung der hierher gehörigen Systeme aus naheliegenden Gründen von selbst verbietet, eine solche auch für den praktischen Landwirt weniger Interesse besitzt, so wollen wir nur das den diesbezüglichen Systemen zu Grunde liegende Prinzip kurz andeuten.

Bei dem **Schwemmsysteme (Schwemmkanalisation)** wie wir es z. B. in Berlin antreffen, werden die sämtlichen Auswurfstoffe, Abwässer, Abfälle 2c., mit Einschluß der Tageswässer, durch Wasserspülung in gemeinsamen, unterirdischen Kanälen aus der Stadt entfernt, fortgeschwemmt.

Die Spüljauche wird nun entweder, sei es direkt, oder nachdem sie durch besondere Klärverfahren*) gereinigt ist, den Flußläufen zugeführt, oder sie wird, wie dieses z. B. in Berlin der Fall ist, zur Berieselung von Feldern benutzt.

Inwieweit die verschiedenen Verfahren, die man bei diesem Systeme zur Beseitigung der Spüljauche verwendet, den hygienischen Anforderungen genügen, wollen wir hier nicht näher erörtern. Jedenfalls ist dieses System sehr kostspielig und die landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer, resp. der in denselben enthaltenen Pflanzennährstoffe eine ungenügende. Dem stehen allerdings die sehr großen Annehmlichkeiten, die dieses System bietet, gegenüber.

Es darf aber an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß die mit Berieselung verbundene Schwemmkanalisation vom rein theoretischen Standpunkte aus als ein in jeder Beziehung sehr vollkommenes System anzusprechen ist, denn wenn die erforderlichen Rieselfelder in genügendem Maße zur Verfügung stehen, so werden durch die Berieselung die städtischen Abfallstoffe nicht nur in für die Einwohner sehr komfortabler und in hygienischer Beziehung sehr rationeller Weise beseitigt, sondern es werden auch die in denselben enthaltenen Pflanzennährstoffe vorzüglich verwertet. In Wirklichkeit liegen aber die Verhältnisse so, daß es in der Nähe der Städte an den für eine rationelle Berieselung notwendigen Ländereien mangelt.

In Berlin gelangen z. B., nach Grandke, die jährlichen Dejekte von 372 Menschen auf 1 ha Fläche. Man hat aber berechnet, daß, um bei üppigstem Pflanzenwuchse die Exkremente auszunutzen, für je 36 Menschen 1 ha Riesellandes nötig wäre. Ferner nimmt man an, daß auf 1 ha Land die Abgänge von höchstens 60 bis 80 Personen gelangen dürfen, weil sonst die organischen Stoffe nicht genügend oxydiert und nitrificiert werden, und daher eine Verjauchung des Bodens eintritt.

Da nun aber, wie gesagt, einer größeren Stadt aus naheliegenden Gründen die für eine ideale Berieselung vom theoretischen Standpunkte aus erforderlichen Felder meistens nicht zu Gebote stehen, so büßt das Berieselungs-System in der Praxis notwendigerweise sowohl in sanitärer Beziehung, als auch in Bezug auf die

*) Solcher Klärverfahren giebt es sehr viele. Bei einigen werden die Abwässer durch Zusatzmittel, wie Kalk, Eisen- und Thonerdeverbindungen 2c. gereinigt und der dabei gewonnene Schlamm landwirtschaftlich zu verwerten gesucht. Oft ist mit diesem Ausfällungsverfahren noch eine nachfolgende Filtration durch poröse Massen verbunden, wie z. B. beim Polarite-Verfahren. In neuerer Zeit hat man auch versucht, die Abwässer auf elektrischem Wege zu reinigen. Bei einem anderen Verfahren, wird das Abwasser zunächst einem Fäulnisprozesse unterworfen, sodann gelüftet und in großen Filterbassins in welchem grober Flußkies, Kohlenstücke, Kies übereinander geschichtet sind, filtriert.

Verwertung der Abfallstoffe leider viel von seinen Vorzügen ein. So ist festgestellt worden, daß auf den Berliner Rieselfeldern die Stickstoffausnutzung der Spüljauche nur 8 bis 11 % beträgt.

Es bedarf keiner weiteren Begründung, daß unter den geschilderten Verhältnissen das Rieselsystem auch in volkswirtschaftlicher Beziehung den zu stellenden Anforderungen nicht zu genügen vermag.

Dem Schwemmsystem steht das sogenannte **Lienur-System** (auch Differenzier-System, getrennte Kanalisation, Zweiröhrensystem genannt) gegenüber, welches in Deutschland vielfach angefeindet, in Holland dagegen mehrfach in Benutzung ist. Dasselbe beruht auf dem Prinzipe, daß die Fäkalien — mit oder ohne Einschluß der Hausabwässer — und die Tageswässer durch getrennte pneumatische Röhrenleitungen unter Verwendung von Luftdruck nach einer Zentralsammelstelle fortgeleitet werden.

Dieses System zeichnet sich vor dem soeben besprochenen, wenn wir wiederum die sanitären Verhältnisse, die hier übrigens eher günstiger sind, unberücksichtigt lassen, dadurch aus, daß die Fäkalmassen in einem bei weitem weniger verdünnten Zustande zur Ansammlung gelangen und daher durch entsprechende Verarbeitung, sei es zu schwefelsaurem Ammoniak oder zu Poudrette, landwirtschaftlich besser verwertet werden können.*)

In Anbetracht des Umstandes, daß bei der Einlieferung von Pflanzennährstoffen, in Form von Korn, Fleisch 2c. in die Städte, sehr weite landwirtschaftliche Kreise beteiligt sind, wäre es vom allgemeinen volkswirtschaftlichen Standpunkte aus dringend zu wünschen, daß sich auch die Rücklieferung dieser Pflanzennährstoffe, in Form von Dünger, in möglichst weite Kreise vollziehen könnte. Da nun bei der Verwendung der unvermischten resp. nur mit Torfmull, Kehricht u. dergl. vermengten städtischen Abfallstoffe, in Folge der hohen Transportkosten des sehr wasserreichen Düngers nur die nächste Umgebung der betreffenden Städte in Betracht kommen kann, so liegt es auf der Hand, daß obiges, erstrebenswerte Ziel nur durch fabrikmäßige Umwandlung der Fäkalien in konzentrierte, lager- und transportfähige, streubare und schnellwirkende Düngemittel zu erreichen ist.

Einem solchen Unternehmen stehen nun allerdings nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten hinsichtlich seiner finanziellen Durchführbarkeit entgegen, was umso mehr zu bedauern ist, als sie nicht zum geringsten Teil auf ein mangelhaftes Interesse der Landwirte gegenüber diesen Produkten zurückzuführen sind.

Das Wesen der **Verarbeitung der Fäkalmassen** besteht, wenn wir von der in Deutschland nicht üblichen Gewinnung von schwefelsaurem Ammoniak aus denselben, unter Verwertung des abgepreßten Rückstandes, absehen, darin, daß sie zunächst angesäuert und sodann durch Eindampfen zu einer trockenen Masse verarbeitet werden. Den auf diese Weise gewonnenen Dünger nennt man gewöhnlich Poudrette.

In Deutschland bestehen zur Zeit zwei derartige Fabrikanlagen, in Augsburg (System Podewils) und in Bremen (System Venulett und Ellenberger).

Die gewonnene Poudrette ist als ein sehr wertvolles Düngemittel, welches mit dem aufgeschlossenen Guano viel Ähnlichkeit besitzt, zu bezeichnen, und es kann den Landwirten nur angeraten werden, diesen Produkten mehr, wie es bisher leider der

*) Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß in Posen seit etwa 2 Jahren der Versuch gemacht ist, die durch Wasserspülung verdünnten Fäkalien durch besondere Rohrleitungen direkt auf die Felder der dem System angeschlossenen Güter zu drücken. Die Güter sind von einem Rohrnetz durchzogen, an welchen besondere Sprengvorrichtungen angebracht sind. Der Versuch soll sich sehr bewährt haben.

Fall ist, ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden; namentlich ist dies vom national-ökonomischen Standpunkte aus zu wünschen.

Um Anhaltspunkte bezüglich der Verwertung resp. Verwendung zu geben, wollen wir noch einige Analysen über die vorerwähnten Produkte folgen lassen.

Ein getrockneter Klärschlamm (siehe Seite 101, Fußnote) wie er in Pankow bei Berlin aus der dortigen Spüljauche gewonnen wird, enthält nach mehrfachen Untersuchungen im Mittel:

2 bis 3 % Stickstoff, davon 25 bis 30 % in Form von Ammoniakstickstoff.
1 „ $1,_{5}$ „ Phosphorsäure
25 „ 30 „ kohlensaurer Kalk
$0,_{75}$ „ $1,_{0}$ „ Kali.

Die in Augsburg nach dem Verfahren von v. Podewils hergestellte Poudrette (der sogenannte Fäkalextrakt) besitzt nach Untersuchungen der Versuchsstation München folgende Zusammensetzung:

Wasser	$9,_{01}$ %	Phosphorsäure	$4,_{48}$ %
Organische und flüchtige Stoffe	$59,_{01}$ „	Kali	? „
Asche	$31,_{87}$ „	Stickstoff	$10,_{65}$ „

Hierzu muß bemerkt werden, daß die in Augsburg fabrizierte Poudrette, nach Angaben von A. Mayer, in zweckmäßiger Weise durch Zusatz von Superphosphat resp. schwefelsaurem Ammoniak auf einen bestimmten, garantierten Gehalt gebracht wird.

Über den Gehalt der Bremer-Poudrette liegen folgende Zahlen vor:

Gesamt-Stickstoff	$7,_{97}$ %	Eiweiß-Stickstoff	$2,_{46}$ %
Ammoniak-Stickstoff	$3,_{75}$ „	Kali	$2,_{70}$ „
Salpeter-Stickstoff	$0,_{00}$ „	Phosphorsäure	$2,_{69}$ „

In neuerer Zeit hat man es auch unternommen, die verschiedenen Abfälle der Schlacht- und Viehhöfe, sowie der Abdeckereien fabrikmäßig zu Dungzwecken zu verarbeiten. Wir werden an späterer Stelle auf einige der auf diese Weise hergestellten Düngemittel zu sprechen kommen.

C. Die Gründüngung.

Die Gründüngung ist, obgleich hier und dort hin und wieder vergessen, doch seit altersher als Kulturmethode bekannt gewesen und dort, wo sie in Anwendung war, geschätzt worden. Wenn nun trotz dieses Umstandes die Gründüngung erst seit einigen Jahren bei uns allgemeinen Eingang gefunden und planmäßig betrieben wird, so ist dieses darauf zurückzuführen, daß es erst in neuerer Zeit der Wissenschaft gelungen ist, das eigentliche Wesen der Gründüngung richtig zu ergründen.

Die historische Entwickelung der Gründüngung bietet uns einen interessanten Beleg zu der in der Geschichte der Landwirtschaft nicht vereinzelt dastehenden Erscheinung, daß die Beobachtungen der Praxis der wissenschaftlichen Erkenntnis vorangeeilt war. Aber es hat sich auch immer herausgestellt, daß eine wirklich rationelle Anwendung und Ausbreitung der so gemachten Erfahrungen, besonders in weiteren Kreisen, nur dann möglich ist, wenn sie durch die exakte, wissenschaftliche Forschung bestätigt und begründet worden sind. Seit langer Zeit wußte man, wie gesagt, daß gewisse Pflanzen — und zwar waren es meist solche, die zur Familie der Leguminosen gehören — sich hinsichtlich ihres Düngungsbedürfnisses wesentlich von den übrigen Gewächsen unterscheiden. Man nannte dieselben in bezeichnender Weise „bodenbereichernde Gewächse.“

Als man dann später das Wesen der Pflanzenernährung näher erforscht und gelernt hatte, den allgemeinen Begriff Dünger in einzelne Nährstoffe zu zerlegen, erkannte man auch bald, daß es speciell die Stickstoffernährung war, hinsichtlich deren sich die Glieder obiger Pflanzenfamilie prinzipiell von den übrigen Kulturgewächsen unterschieden und zwar in der Weise, daß jene, im Gegensatz zu diesen, sich auch ohne jegliche Stickstoffdüngung üppig zu entwickeln vermochten und zudem noch den Boden an Stickstoff bereicherten.

Auf Grund dieser Erkenntnis teilte man von da ab die Kulturpflanzen ein in „Stickstoffmehrer“ und „Stickstoffzehrer.“

„Stickstoffmehrer“ sind demnach u. a. Erbsen, Bohnen, Lupinen, Luzerne, Klee, Esparsette, Wicke 2c. die sämtlich den Leguminosen angehören. Zu den „Stickstoffzehrern“ hingegen gehören alle Cerealien, wie Hafer, Gerste, Weizen, Roggen, die Hackfrüchte, Ölfrüchte 2c. Wie sehr verschieden sich die Leguminosen hinsichtlich ihrer Stickstoffernährung gegenüber den übrigen Gewächsen verhalten, möge nachstehend durch einige Versuchsergebnisse zahlenmäßig belegt werden. Emil Wolff*) stellte in den Jahren 1888 bis 1890 diesbezügliche Versuche mit den unten genannten Pflanzen in Blechgefäßen an, die je 24 kg kalkhaltigen, fast stickstofffreien und gewaschenen Flußsand enthielten, der mit den nötigen Mengen Phosphorsäure, Kali, Magnesia, Schwefelsäure gedüngt wurde. Einige Gefäße erhielten außerdem noch je 0,83 % Stickstoff in Form von Salpeter. Die Ernteergebnisse einiger Versuche aus den Jahren 1888 resp. 1890 ergaben u. A. folgendes:

Pflanze	Hafer (1890)		Buchweizen (1890)		Raps (1888)		Erbsen (1890)		Wicken (1890)		Rotklee (1888)	
N-Düngung	ohne N	mit 0,832 g N	ohne N	mit 0,832 g N	ohne N	mit 0,832 g N	ohne N	mit 0,832 g N	ohne N	mit 0,832 g N	ohne N	mit 0,832 g N
Geerntete Trockensubstanz in g	24,1	91,2	12,0	44,0	13,4	49,7	352,2	329,6	250,4	241,4	97,4	96,9
darin Stickstoff in g	0,155	0,438	0,136	0,426	0,13	0,499	6,743	6,451	6,007	5,947	3,304	3,215

Wagner stellte 1888 ähnliche Versuche auf Freilandparzellen an. Der Boden, ein Lehmboden, erhielt, mit Ausnahme des Stickstoffs, natürlich eine gleichmäßige Grunddüngung mit allen übrigen Nährstoffen. Die Differenz-Düngung mit Stickstoff, sowie die gewonnenen Resultate, zeigt folgende Zusammenstellung:

---

*) Im Interesse der Darstellung haben wir die Ergebnisse einiger Arbeiten von Emil Wolff und P. Wagner vor denjenigen von Schultz-Lupitz, H. Hellriegel und H. Wilfarth aufgeführt, obgleich sie, chronologisch betrachtet, erst an späterer Stelle hätten Platz finden müssen. Die den einzelnen Arbeiten beigefügten Jahreszahlen lassen jedoch die neuere, geschichtliche Entwickelung der Frage über die Stickstoffernährung erkennen. Dieselbe ist, um dieses hier kurz zu wiederholen, folgende: Boussingault's berühmte Versuche (1851 bis 1854) zeigten, daß die Leguminosen nicht imstande sind, den freien Stickstoff der Luft für ihre Ernährung zu benutzen. Lawes und Gilbert gelangten (1857/58) zu demselben Resultat. Schultz-Lupitz vertrat sodann (1881) auf Grund seiner praktischen Erfahrungen und Beobachtungen die Ansicht, daß die Leguminosen dennoch befähigt sein müßten, den freien Stickstoff zu verarbeiten. Hellriegel und Wilfarth (1886) gelangte es schließlich den exakten, experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht zu erbringen. Andere Forscher bestätigten später die Arbeiten Hellriegels.

Versuchspflanzen	Differenz-Düngung Stickstoff g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in der Erntesubstanz g	Versuchspflanzen	Differenz-Düngung Stickstoff g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in der Erntesubstanz g
Feldbuschbohnen	0	329,9	9,997	Gerste	0	125,4	1,156
	3	363,7	10,669		3	260,2	2,283
	6	408,6	11,307		6	399,2	4,279
Pferdebohnen	0	432,2	13,132	Weizen	0	157,0	1,518
	3	418,9	12,518		3	323,2	3,192
	6	425,8	11,780		6	417,1	4,904
Hafer	0	156,6	1,250	Tabak	0	97,2	1,577
	3	350,7	2,843		3	168,0	3,103
	6	437,0	4,769		6	241,0	4,244

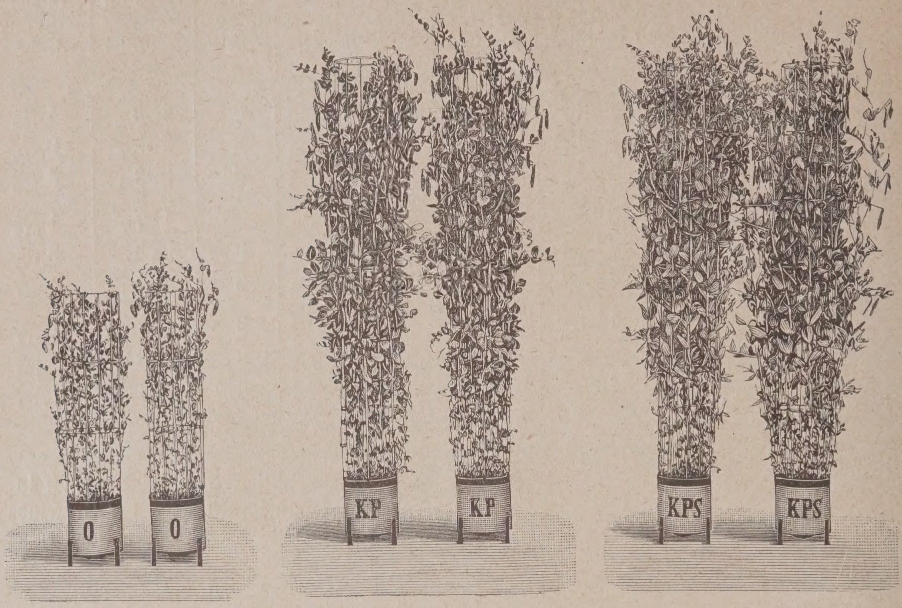
Versuchspflanzen	Differenz-Düngung Stickstoff g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Stickstoff in der Erntesubstanz g
Lathyrus	0	143,7	5,820
	3	151,9	5,939
	6	155,2	5,991
Kartoffeln	0	220,7	2,256
	3	332,0	4,033
	6	400,7	6,099
Möhren	0	334,4	2,042
	3	611,3	4,241
	6	737,9	6,051

Ohne daß irgend eine weitere Erläuterung notwendig wäre, geht aus diesen Ergebnissen klar und unzweifelhaft hervor, daß Erbsen, Wicken, Bohnen und Lathyrus (die zu den Leguminosen gehören) sich wesentlich anders hinsichtlich ihrer Stickstoffernährung verhalten, als die übrigen angeführten Pflanzen; daß die ersteren, im Gegensatz zu den letzteren, sich auch ohne jede Stickstoffdüngung kräftig und üppig zu entwickeln und reichliche Mengen Stickstoff sich anzueignen vermochten, selbst unter Verhältnissen, unter welchen die übrigen Pflanzen es nur zu einer geringen Ernte und Stickstoffproduktion brachten.

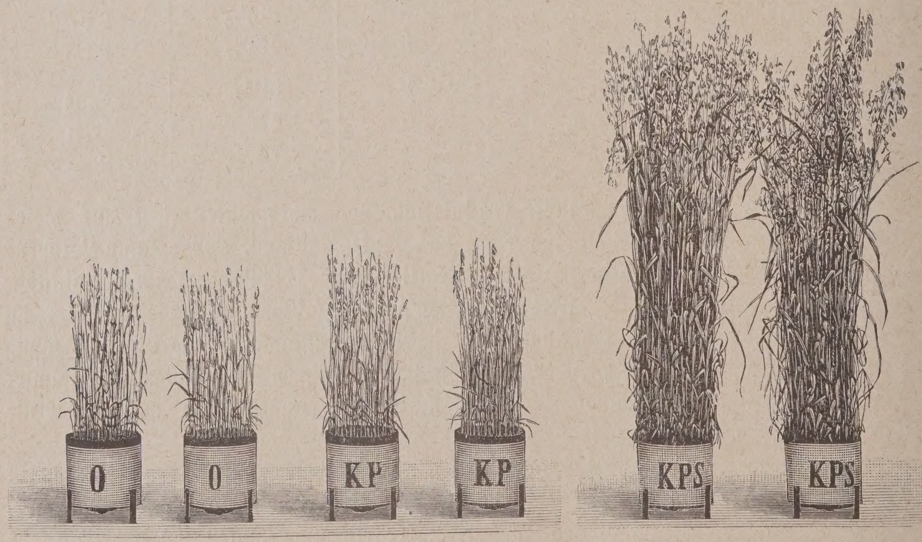
Und ferner zeigen die Versuche, daß sich die verschiedenen Versuchspflanzen wesentlich verschieden gegenüber der Stickstoffdüngung verhalten. Während Hafer, Buchweizen, Raps, Gerste, Weizen, Tabak, Kartoffeln und Möhren sich durchweg sehr dankbar für eine Zufuhr von Stickstoff erwiesen und dieselbe durch eine vermehrte Ernte und Stickstoffaufnahme lohnten, reagierten die Vertreter der Leguminosen im allgemeinen garnicht auf eine solche.

In sehr instruktiver Weise veranschaulicht auch die umstehende Abbildung (1), welche von Wagner herrührt, das vorerwähnte, unterschiedliche Verhalten der Leguminosen resp. Nicht-Leguminosen.

Kali-Phosphat-Düngungsversuche mit Erbsen und Hafer.



Ohne Düngung. | Kaliphosphatdüngung ohne Stickstoff. | Kaliphosphatdüngung mit Stickstoff.



Ohne Düngung. | Kaliphosphatdüngung ohne Stickstoff. | Kaliphosphatdüngung mit Stickstoff.

Abbildung 1.

Abbildung 1. Aus Wagner: die rationelle Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

Auch aus der großen Praxis lassen sich viele Belege für die Sonderstellung der Leguminosen hinsichtlich der Stickstoffernährung beibringen.

So giebt z. B. Schultz-Lupitz an, daß ein Ackerstück in Lupitz (dessen Boden leichter Diluvialsand ist), die sogenannten Lupinenwiesen, welches nur alljährlich mit 3 Ctr. Kainit pro Morgen gedüngt wurde, in unmittelbarer Folge hintereinander 28 Lupinenernten lieferte. Trotzdem dem Boden Jahr für Jahr erhebliche Stickstoffmengen fortgesetzt entnommen wurden — es wurde während 15 Jahren ohne Stickstoffdüngung pro ha 227 kg Stickstoff geerntet — konnte konstatiert werden, daß der Stickstoffreichtum des Bodens unaufhörlich zunahm. In ähnlicher Weise berichtet Dehérain, daß er durch den Anbau von Esparsette pro ha 205 bis 237 kg Stickstoff erntete.

Bei dem so offenkundig abweichenden Verhalten der Leguminosen hinsichtlich der Stickstoffaufnahme hat es naturgemäß nicht an Versuchen gefehlt, die Ursache hierfür zu erforschen.

Vieles deutete darauf hin, daß die Schmetterlingsblütler im Gegensatz zu den übrigen Pflanzenfamilien befähigt sein müßten, den freien Stickstoff der Luft aufzunehmen und zu verwerten.

Aber gerade die wissenschaftlichen Kreise vermochten einer derartigen Annahme nicht zuzustimmen, da aus den vielen und überaus exakten Versuchen des berühmten französischen Agrikulturchemikers Boussingault, besonders aus denen der Jahre 1851 bis 1854, unzweifelhaft hervorging, daß die Leguminosen so wenig wie die übrigen Pflanzen den freien Stickstoff der Atmosphäre zu verarbeiten, oder richtiger gesagt **direkt** zu verarbeiten vermögen. Diese Versuche wurden von anderen Experimentatoren vollauf bestätigt, und auch die Engländer Lawes und Gilbert (1857/58) gelangten zu demselben Resultate und schlossen sich der Boussingault'schen Lehre an, obgleich sie im Widerspruche mit den Erfahrungen ihrer exakten Feldversuche stand.

Auf die verschiedenen Versuche, die besondere Stellung der Leguminosen zur Stickstoffaufnahme durch ihnen speciell zukommende Eigentümlichkeiten, wie z. B. durch ihre Tiefwurzelung, längere Vegetationszeit, Blattreichtum und damit verknüpfter Beschattung des Bodens ꝛc. zu erklären, wollen wir hier nicht weiter eingehen. Die Unzulänglichkeit dieser Erklärungsversuche brachte es aber mit sich, daß man die Möglichkeit der Assimilationsfähigkeit des elementaren Stickstoffs nicht ganz aus dem Auge ließ.

In neuen und lebhafteren Fluß kam die Frage wiederum durch den verdienstvollen, märkischen Gutsbesitzer Schultz auf Lupitz, welcher im Jahre 1881 in einer Schrift: die Kalidüngung auf leichtem Boden auf Grund seiner Beobachtungen und praktischen Erfahrungen die Ansicht aussprach und heftigen Angriffen gegenüber vertrat, daß die Leguminosen dennoch imstande wären, den Stickstoff der Luft für ihre Ernährung zu benutzen. Aber immer fehlte noch der exakte Beweis. Da war es im Jahre 1886 als Hellriegel mit seinen epochemachenden Arbeiten, ein Muster klassischer Forschung, hervortrat und mit einem Schlage allem Streite ein Ende machte. Gestützt auf exakte und unanfechtbare Versuche bewies er in unwiderlegbarer Weise, daß die Papilionazeen thatsächlich imstande sind, den elementaren Stickstoff, wenn auch nicht direkt, zu ihrer Ernährung zu verwerten.

Adolf Mayer, der geistvolle Autor des Lehrbuches der Agrikulturchemie beschreibt den Eindruck, den die ersten Mitteilungen Hellriegels machten folgendermaßen: „der Autor dieser Vorlesungen war selber zugegen, bei jener denkwürdigen Sitzung der

Sektion für landwirtschaftliches Versuchswesen auf der Naturforscherversammlung in Berlin, da Hellriegel die von ihm gewonnenen Resultate in seiner einfachen und anspruchslosen Art demonstrierte und seine Versuchspflanzen herumgab, und erinnert sich nicht eines größeren Eindrucks auf eine zahlreiche, wissenschaftliche Versammlung, einer gleichmütigeren Zustimmung seitens aller Anwesenden. Jeder, der zugegen war, hatte das Gefühl, daß eine brennende Frage ebenso unerwartet wie endgültig gelöst worden sei, kurz dessen, was man eine Epoche zu nennen pflegt." Der Verfasser kann diesem nur hinzufügen, daß ihm ein gleiches auch von anderer Seite versichert worden ist.

Es würde hier zu weit führen, auf die Arbeiten Hellriegels*) sowie auf ihre Bedeutung für Wissenschaft und Praxis näher einzugehen, aber es soll nicht unterlassen werden, die Zusammenfassung der Resultate im folgenden mitzuteilen. Auf einige derselben werden wir noch besonders zurückzukommen haben.

I.

1. In einem stickstofflosen Boden war die Assimilation und Produktion der von uns geprüften Cerealien, Hafer und Gerste, gleichgiltig ob derselbe sterilisiert war oder nicht, immer nahezu gleich Null.

2. Durch Zugabe von Nitraten zum Boden ließ sich aber allezeit ein normales Wachstum dieser Pflanzenarten hervorrufen und zwar stand dann die Entwickelung derselben in annähernd direktem Verhältnisse zu der Menge des gegebenen Nitrates.

3. Solange sich die Nitratgaben innerhalb der Grenzen bewegten, in welchen sich der Stickstoffgehalt des Bodens als Wachstumsfaktor im Minimum befand, wurde durch einen Teil Bodenstickstoff immer annähernd der gleiche Ertrag und zwar 90 bis 100 Teile oberirdischer Trockensubstanz produziert.

4. In den Ernten der Gerste und des Hafers, gleichgültig ob sie in einem stickstofflosen, stickstoffarmen oder stickstoffreichen Boden gewachsen waren, wurde niemals mehr oder auch nur annähernd soviel Stickstoff wiedergefunden, als in dem Boden bei Beginn des Versuches in Form assimilierbarer Stickstoffverbindungen vorhanden war.

5. Nichts deutete darauf hin, daß die Cerealien eine bemerkenswerte Quantität ihrer Stickstoffnahrung aus einer anderen Quelle als dem Boden schöpften oder zu schöpfen vermochten.

II.

1. In einem stickstofflosen, und sterilisiert erhaltenen Boden verhielten sich die zu unseren Versuchen benutzten Leguminosen, Erbsen, Seradella und Lupinen, den Cerealien vollkommen gleich.

2. Wachstum und Assimilation waren in diesem Falle auch bei ihnen immer ungefähr gleich Null.

3. Durch Zugabe von Nitraten ließen sich dieselben aber zur Entwickelung bringen, und die Produktion stand dann in annähernd direktem Verhältnisse zu der Menge des gegebenen Bodenstickstoffs, solange sich derselbe als Wachstumsfaktor im Minimum befand.

4. In den Ernteprodukten war ein bemerkenswertes Plus von Stickstoff, welches aus anderen Quellen als dem Boden hätte stammen können, nicht aufzufinden.

*) Hellriegel und Wilfarth: Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen, Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins für die Zuckerrübenindustrie 1888.

5. Der bekannte Boussingault'sche Fundamentalversuch*) ist unter diesen Verhältnissen ausgeführt, und die Schlüsse, die aus demselben gezogen werden, haben nur für diesen Fall (sterilisierten Boden) Gültigkeit.

III.

1. In einem nicht sterilisierten Boden aber vermochten die Leguminosen unter gewissen Umständen zu wachsen, auch wenn derselbe frei war von assimilierbaren Stickstoffverbindungen oder nur Spuren derselben enthielt, und zwar insbesondere dann, wenn die Versuchskulturen während der Vegetation unbedeckt im Freien gehalten wurden, und sicher dann, wenn man dem stickstofflosen Bodenmaterial den durch Anrühren mit destilliertem Wasser und Absetzenlassen bereiteten Aufguß von einer geringen Menge (1 bis 2 ‰) eines zweckmäßig gewählten Kulturbodens beigab.

2. Die Leguminosen brachten es im letzteren Falle nicht nur in der Regel zu einer durchaus normalen, sondern ausnahmsweise bisweilen zu einer auffallend üppigen Entwickelung und

3. in den Ernteprodukten derselben ließ sich stets ein verschiedenes, häufig sehr hohes Stickstoffplus nachweisen, welches aus dem Boden nicht stammen konnte.

4. Ein ähnlicher, wenn auch minder ausgiebiger Stickstoffgewinn wurde nach Zugabe von Bodenaufguß durch die Leguminosen auch dann erzielt, wenn der Boden nicht völlig stickstofflos war, sondern eine gewisse, aber für ihre Bedürfnisse nicht ausreichende Quantität Nitrate enthielt.

5. Die Cerealien dagegen zeigten in einem stickstofflosen Boden, auch wenn derselbe nicht sterilisiert war, niemals eine Neigung zum Wachsen und niemals einen bemerkbaren Stickstoffgewinn. Eine Zugabe von Bodenaufguß blieb bei Hafer und Gerste in beiden Beziehungen ohne jede merkbare Wirkung.

IV.

1. Der eigentümliche, sehr bedeutende Einfluß, den die Zugabe von einer geringen Menge Bodenaufguß auf das Wachstum und die Stickstoffaufnahme der Leguminosen ausübte, ließ sich nicht erklären durch den Gehalt des letzteren an Stickstoff oder anderen Pflanzennährstoffen.

2. Wenn der Bodenaufguß gekocht oder auch nur einer Temperatur von 70° C. ausgesetzt wurde, so verlor er seine Wirkung gänzlich und ausnahmslos.

3. Ein und dieselbe Leguminosenart wurde durch Bodenaufgüsse verschiedener Herkunft sehr ungleich beeinflußt, und ein und derselbe Bodenaufguß wirkte auf verschiedene Leguminosenarten durchaus verschieden. — So beförderte der Aufguß von einem vorzüglichen Zuckerrübenboden, in welchem Erbsen und verschiedene Kleearten seit langer Zeit in die regelmäßige Fruchtfolge eingeschoben, Seradella und Lupinen aber noch niemals angebaut waren, das Wachstum und den Stickstoffgewinn der Erbsen sicher und in bedeutendem Grade, hatte aber in der geringen Menge, in der wir ihn verwendeten, für die Entwickelung der Seradella und Lupinen nur den geringsten Effekt.

4. Das durch Zufuhr von Bodenaufguß bedingte Wachstum der Leguminosen in einem stickstofflosen Bodenmaterial unterschied sich von der Vegetation derselben in einem sterilisierten, mit Nitraten versehenen Boden wesentlich und äußerlich sichtlich

*) Siehe Seite 304.

dadurch, daß im ersten Falle nach der Keimperiode in der Regel ein eigentümlicher, von sehr charakteristischen Erscheinungen begleiteter Hungerzustand der Pflanzen eintrat, welchem dann nach kürzerer oder häufig auch erst längerer Zeit eine sehr energische und rasche Entwickelung folgte.

V.

1. In sterilisiertem und während der Vegetationszeit steril erhaltenem oder mit einem unwirksamen Aufgusse versehenem Boden wurde das Auftreten von Wurzelknöllchen bei den Leguminosen nicht bemerkt, gleichgültig, ob der Boden stickstofflos war und die Pflanzen darin langsam verhungerten, oder ob derselbe mehr oder weniger Nitrate enthielt und die Pflanzen infolgedessen mehr oder weniger gute Entwickelung erreichten.

2. In nicht sterilisiertem, mit einem wirksamen Bodenaufgusse versetzten Bodenmaterial war dagegen die Bildung normal entwickelter Wurzelknöllchen stets nachweisbar und mit dieser war eine erhebliche Assimilation von Stickstoff, dessen Quelle im Boden nicht zu suchen war, immer verbunden. — Auch hier traten Knöllchenbildung und Stickstoffgewin nicht nur in stickstofflosem Boden, sondern auch dann ein, wenn derselbe eine gewisse, aber für die Bedürfnisse der Pflanze unzureichende Menge Nitrate enthielt, und waren im letzteren Falle nur quantitativ geringer.

3. Bei ein und derselben Leguminosenpflanze ließ sich an der einen Hälfte des Wurzelsystems die Knöllchenbildung hervorrufen, an der anderen verhindern dadurch, daß man die erstere in eine stickstofflose, mit etwas Bodenaufguß vermischte und nicht sterilisierte, die andere in eine ganz gleich zusammengesetzte, aber durch Kochen sterilisierte Nährlösung eintauchen ließ.

4. Die Bildung der Wurzelknöllchen erfolgte nicht nur in einem sehr frühen Entwickelungsstadium der Pflanzen, sondern war auch in dem vorbezeichneten Hungerzustande nachweisbar, in welchem die Pflanzen, um ihr Leben zu fristen, ihre notwendigsten Assimilationsorgane resorbieren mußten; ein sichtliches Wachstum der Leguminosen in stickstofflosem Boden fand immer erst nach Entwickelung der Wurzelknöllchen statt.

VI.

Lebhaftes Wachstum der Leguminosen mit erheblicher Stickstoffassimilation in stickstofflosem Boden ließ sich auch dann erzielen, wenn man sie in einer von Stickstoffverbindungen gereinigten Atmosphäre, oder in einem beschränkten Luftvolumen vegetieren ließ, welches ihnen nur Spuren gebundenen Stickstoffs liefern konnte.

Aus diesen Versuchsergebnissen zog Hellriegel folgende Schlüsse:

1. Die Leguminosen verhalten sich bezüglich der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den Gramineen prinzipiell verschieden.

2. Die Gramineen sind mit ihrem Stickstoffbedarf einzig und allein auf die im Boden vorhandenen assimilierbaren Stickstoffverbindungen angewiesen, und ihre Entwickelung steht immer zu dem disponiblen Stickstoffvorrate in direktem Verhältnisse.

3. Den Leguminosen steht außer dem Bodenstickstoff noch eine zweite Quelle zur Verfügung, aus welcher sie ihren Stickstoffbedarf in ausgiebigster Weise zu decken, resp. soweit ihnen die erstere Quelle nicht genügt, zu ergänzen vermögen.

4. Diese zweite Quelle bietet der freie elementare Stickstoff der Atmosphäre.

5. Die Leguminosen haben nicht an sich die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren, sondern es ist hierzu die Beteiligung von lebensthätigen Mikroorganismen im Boden unbedingt erforderlich.

6. Um den Leguminosen den freien Stickstoff für Ernährungszwecke dienstbar zu machen, genügt nicht die bloße Gegenwart beliebiger niederer Organismen im Boden, sondern ist es nötig, daß gewisse Arten der letzteren mit den ersteren in ein symbiotisches Verhältnis treten.

7. Die Wurzelknöllchen der Leguminosen sind nicht als bloße Reservespeicher für Eiweißstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in einem ursächlichen Zusammenhange.

Somit war also der Beweis erbracht, daß die Leguminosen, oder richtiger gesagt die Papilionaceen, denn nur diese haben Hellriegel und Wilfarth in den Kreis ihrer Untersuchungen gezogen, imstande, sind nicht nur den gebundenen Stickstoff, sondern auch, falls ihnen dieser nicht in genügender Menge für ihre Ernährung zu Gebote steht, den freien elementaren Stickstoff der Atmosphäre aufzunehmen und zu verwerten, und daß dieses letztere unter Mitwirkung von Mikroorganismen geschieht. Die Arbeiten von Hellriegel und Wilfarth gaben den Anstoß zu vielen weiteren Untersuchungen, durch welche die Resultate zwar vollauf bestätigt aber auch ergänzt und erweitert wurden. Es wurde festgestellt, daß auch die übrigen zur Ordnung der Leguminosen gehörigen Pflanzenfamilien den freien Stickstoff zu binden im Stande sind und daß auch noch einige andere Pflanzen, die Wurzelknöllchen besitzen, so z. B. Alnus in einem stickstofffreien Boden zu gedeihen vermögen. Der Besitz von Wurzelknöllchen wurde aber als streng typisch für das Vermögen, elementaren Stickstoff zu sammeln, erkannt,*) und die Behauptungen von Frank und Stocklosa, daß allen Pflanzen, oder wie Liebscher annahm, dem Senf und Hafer, die Fähigkeit zukomme, elementaren Stickstoff zu assimilieren, als unbewiesene Hypothesen von der Kritik zurückgewiesen.

Auch die von Hellriegel und Wilfarth aus ihren Versuchen gezogene Folgerung, daß die Bakterien eine bedeutsame Rolle bei der Stickstoffassimilation der Leguminosen spielen, ist durch dahin zielende bakteriologische Untersuchungen als vollkommen richtig erwiesen worden.

Beyrinck, Prazmowski, sowie Nobbe und seine Mitarbeiter haben sich um die Erforschung dieser Frage besonders verdient gemacht.

Beyrinck hat die betreffenden Bakterien aus den Wurzelknöllchen zuerst isoliert und außerhalb der Pflanze in Reinkultur gezüchtet. Er hat dieselben Bacillus radicicula getauft. Prazmowski ist es sodann zuerst gelungen, durch Impfung mit Reinkulturen künstlich Knöllchenbildung bei den Pflanzen hervorzurufen und damit den direkten Nachweis des ursächlichen Zusammenhanges zwischen diesen Bakterien und den Knöllchen an den Pflanzenwurzeln zu erbringen. Nobbe und seine Mitarbeiter haben vor allem die verschiedenen Knöllchen-Bakterien und ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Pflanzen-Arten studiert.

In welcher Weise die letztgenannten Forscher die Resultate ihrer Arbeiten für die Praxis zu verwerten gesucht haben, werden wir an späterer Stelle noch zu besprechen haben.

*) Es soll nicht unterlassen werden, darauf hinzudeuten, daß auf Grund neuerer Untersuchungen, auf die näher einzugehen hier nicht der Ort ist, vielleicht eine etwas erweiterte Fassung dieses Satzes nicht ausgeschlossen ist.

Der Prozeß der Stickstoffassimilation, dessen Wesen in seiner Endursache übrigens noch nicht völlig aufgeklärt ist, in seinen Erscheinungsformen näher verfolgen zu wollen, würde, da wir uns dabei zu sehr in theoretische Einzelheiten verlieren müßten, hier zu weit führen. Wir wollen uns damit begnügen, die Stickstoffassimilation kurz als eine Folge der Symbiose*) von Leguminosen und Knöllchenbakterien zu charakterisieren. Die Knöllchenbakterien, von denen wir, wie erwähnt, verschiedene Arten kennen, kommen sowohl in der Luft, als auch im Wasser und Boden vor. Aus letzteren dringen sie sodann durch die Wurzelhaare in die Rinde der ihnen zusagenden Pflanzenwurzeln ein und rufen daselbst eigenartige Auswüchse, die sogenannten Wurzelknöllchen hervor, (man vergleiche die Abbildung 2) dessen Innere den Namen Bakteroïden-Gewebe führt.



Wurzelknöllchen, A von Rotklee, B von Lupinen.
Abbildung 2.
Nach Frank und Tschirch.

In den Zellen des Bakteroïden-Gewebes entwickeln und vermehren sich die eingewanderten Bakterien und füllen es mit einer Bakterien-Masse an. Im Laufe der Zeit gehen die Bakterien sodann unter dem Einfluße des sie umgebenden Protoplasmas in eiweißreiche Involutionsformen, die sogenannten Bakteroïden über, welche nicht mehr vermehrungsfähig sind. In demselben Maße, wie sich die Bakterien in dem Bakteroïden-Gewebe vermehren und umbilden, entwickeln sich auch die Knöllchen. Der größte Teil ihres Inhaltes besteht aus den umgewandelten Bakteroïden, daneben finden sich aber stets noch entwickelungsfähige, normale Bakterien vor.

Die Bakteroïden werden schließlich von dem Protoplasma aufgelöst und von der Pflanze resorbiert; die Bakterien bleiben im lebenskräftigen Zustand erhalten, gelangen beim Verfaulen der Wurzeln wieder in den Boden und können im nächsten Frühjahr von hier aus wieder in ihnen zusagende Pflanzenwurzeln eindringen.

Das Wesen der soeben geschilderten Symbiose besteht nun, wie ersichtlich, darin, daß die Knöllchenbakterien zum Teil auf Kosten ihrer Wirtspflanze leben, indem sie von ihr die fertig gebildeten Kohlenhydrate, die sie als chlorophyllfreie Organismen nicht zu produzieren vermögen, beziehen. Sie tragen aber wiederum ihrerseits zur Bestreitung des gemeinsamen Haushaltes in der Weise bei, daß sie den freien Stickstoff der Luft fixiren und diesen ihrer Wirtspflanze im gebundenen Zustande zur Verfügung stellen. Ob und inwieweit nun die Knöllchen-Bakterien imstande sind auch

*) Unter Symbiose versteht man das Zusammenleben zweier genetisch verschiedener Organismen zu gegenseitigem Nutz und Frommen. Ein solches Gemeinschaftsleben ist in der Natur sehr verbreitet. Man denke nur an die Flechten, die aus Algen und Pilzen bestehen, an die Mykorrhizabildungen vieler Bäume etc.

außerhalb der Pflanze freien Stickstoff zu assimilieren, wollen wir an der Stelle vorläufig nicht weiter erörtern.

Nachdem so die Frage der Stickstoffassimilation der Leguminosen im bejahenden Sinne entschieden, war es Aufgabe der Landwirtschaft, diese Fähigkeit genannter Pflanzen in wirtschaftlichster Weise auszunutzen, und es war vor allem Schultz-Lupitz, welcher unablässig in Wort und Schrift hierfür eintrat, und besagte Eigenschaft der Leguminosen in wirtschaftlichster Weise und mit bestem Erfolge in seiner eigenen Wirtschaft für sich verwertete, in der Weise, daß er stickstoffsammelnde Pflanzen zwischen zwei Hauptfrüchte, als Zwischenfrüchte, anbaute und die gewonnene Pflanzenmasse nicht aberntete, sondern wiederum dem Boden einverleibte.

Diese Methode der Düngung nennt man bekanntlich Gründüngung.

Außer durch ihre Fähigkeit, den freien atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren, sind die Leguminosen noch durch andere Eigenschaft ausgezeichnet, die ihren Wert als Gründüngungspflanzen erhöhen.

Wir wollen dieselben kurz andeuten.

Einmal besitzen alle Leguminosen ein stark entwickeltes Wurzelsystem und damit in Zusammenhang stehend ein großes Aneignungsvermögen für die im Boden vorhandenen Nährstoffe. Nach den Untersuchungen von Dyer, welcher für die Wurzeln der Leguminosen eine höhere Saftacidität feststellen konnte, als z. B. für diejenigen der Gramineen dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, daß besagte Eigenschaft der Leguminosen mit einem größeren und stärkeren Säureausscheidungsvermögen im ursächlichen Zusammenhange steht.

Durch sehr interessante Versuche hat Dietrich das stärkere Aufschließungsvermögen der Leguminosen gegenüber anderen Pflanzen zum zahlenmäßigen Ausdruck gebracht.

Er ließ verschiedene Pflanzen in unverwitterten, pulverisierten Gesteinsarten wachsen und konstatierte, daß von den Mineralstoffen unter dem Einflusse der Vegetation — im Vergleich zu der durch die Verwitterung aufnahmefähig gewordenen Menge — mehr aufgenommen wurden, durch

		Buntsandstein	Basalt
Leguminosen	100 Lupinenpflanzen	20,27 %	24,97 %
	100 Erbsenpflanzen	16,02 „	23,77 „
	100 Wickenpflanzen	5,53 „	6,30 „
Nicht Leguminosen	100 Spörgelpflanzen	1,00 „	1,84 „
	100 Weizenpflanzen	0,34 „	2,45 „
	100 Roggenpflanzen	0,17 „	1,64 „

Weiter sind die Leguminosen dadurch charakterisiert, daß sie in besonders hohem Grade die Fähigkeit besitzen, ihre Wurzeln in große Tiefen des Bodens hinabzusenden und sich somit ein viel größeres Bodenvolumen zur Ernährung dienstbar zu machen, als es die flachwurzelnden Gewächse zu thun imstande sind.

Es liegt auf der Hand, daß durch das Unterackern solcher Pflanzen auch für die nachfolgenden Früchte Nährstoffe nutzbar gemacht werden, welche für sie unter sonstigen Verhältnissen nicht, resp. erst nach längerer Zeit zugänglich sein würden.

Auch in dieser Beziehung können daher die Leguminosen als bodenbereichernde Gewächse angesprochen werden. Auf weitere durch die Tiefwurzelung bedingte Vorteile werden wir später einzugehen haben.

Ein anderer Nutzen den der Zwischenbau von Gründüngungsgewächsen dem Boden gewährt, liegt in der durch sie bewirkten Beschattung des Bodens. Der Vorteil einer

solchen Beschattung besonders auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens ist so groß, daß man sogar vor der endgültigen Lösung der Frage durch Hellriegel geglaubt hat, hierauf die ganze Wirkung der Gründüngung zurückführen zu können. (Rosenberg-Lipinski.)

Daß ferner der Boden durch die Gründüngung an organischer, humusbildender Substanz bereichert wird, ist ein weiterer nicht unwesentlicher Faktor, der bei der Beurteilung der Gründüngung in Anschlag zu bringen ist.

Wenn wir uns nunmehr, zu der mehr praktischen Seite der Gründüngung übergehend, die Frage vorlegen, für welche Bodenarten sich dieselbe am meisten eignet, so werden wir dieselbe dahin entscheiden müssen, daß es vornehmlich die leichten Böden sind, für welche die Gründüngung zunächst in Betracht kommt und von Wichtigkeit ist.

Hierfür sprechen zunächst drei Gründe.

Einmal räumen die auf leichten Bodenarten hauptsächlich angebauten Feldfrüchte in der Regel frühzeitiger den Acker als dieses auf schweren Böden der Fall ist.

Eine möglichst frühzeitige Räumung des Feldes, resp. möglichst frühe Bestellung der als Zwischenfrüchte angebauten Leguminosen ist aber eine Hauptbedingung eines erfolgreichen Zwischenfruchtbaues. Ein Tag Gewinn im Juli, sagt Schultz-Lupitz, der Altmeister der Gründüngung, bedeutet mehr für den Erfolg als 10 Tage im Oktober. Aus diesen und anderen Gründen hat auch die Gründüngung sich auf den schweren Böden längst nicht in dem Maße eingebürgert, als wie es auf leichteren Böden der Fall ist.

Zweitens aber ist der Nutzen, den die Gründüngung gewährt, auf leichteren Bodenarten ein weitaus größerer als auf schweren.

Wir wissen, daß die Menge des von den Leguminosen aus der Luft aufgenommenen Stickstoffes mit steigendem Stickstoffgehalt des Bodens abnimmt, da die Leguminosen zu dem Luftstickstoff erst dann ihre Zuflucht nehmen, wenn ihnen Bodenstickstoff nicht mehr in genügender Menge zur Verfügung steht. Da nun aber die schweren Böden durchweg stickstoffreicher sind als die leichten, so geht hieraus hervor, daß der Stickstoffgewinn auf diesen ein größerer ist, als auf jenen.

Hierzu kommt drittens, daß auch der Wert der durch die Gründüngung dem Boden zugeführten organischen Substanz für die humusärmeren, leichten Böden im allgemeinen ein höherer ist, als für die meist humusreicheren, schweren Böden.

Alles in allem sind es daher die leichten Bodenarten für welche die Gründüngung in erster Linie in Betracht kommt und für welche sie von der allergrößten Bedeutung und Wichtigkeit ist, und für diese gelten auch zunächst die nachfolgenden Ausführungen.

Von großer Wichtigkeit ist die richtige Auswahl der anzubauenden Gründüngungspflanzen.

Selbstverständlich ist es nach den bisherigen Darlegungen, daß nur Leguminosen als solche in Frage kommen. Senf, Raps, Oelrettich, Buchweizen, Spörgel, die hier und dort als Zwischenfrüchte empfohlen werden, sind nicht imstande den freien Stickstoff aus der Luft zu assimilieren, wohl aber vermögen sie, wie alle anderen Pflanzen einen Schutz gegen das Versickern und Ausgewaschenwerden der Pflanzennährstoffe zu gewähren. Der günstige Einfluß den z. B. der Anbau von Raps auf die Nachfrucht ausübt, ist zudem auf seine Tiefwurzelung, deren Wert wir noch näher kennen lernen werden, zurückzuführen.

Aber nicht alle Hülsenfrüchte eignen sich gleichgut für alle Böden, und es ist eine Hauptaufgabe des Landwirtes, die für seine lokalen Verhältnisse bodenwüchsigsten Arten durch Versuche zu ermitteln.

Wir müssen daher Abstand nehmen, bestimmte Pflanzen zu empfehlen und uns darauf beschränken, Anhaltspunkte, welche bei der Auswahl als Richtschnur dienen können, zu geben.

In erster Linie wird es darauf ankommen, solche Hülsenfrüchte zum Anbau zu bringen, welche innerhalb kurzer Zeit möglichst viel Stickstoff festzulegen vermögen und daneben möglichst viel organische, humusbildende Substanz erzeugen.

Schultz-Lupitz hat in dieser Beziehung vergleichende Anbauversuche angestellt und gefunden, daß für den leichten Lupitzer Boden, die blaue Lupine, die weiße Lupine, die gelbe Lupine, Lathyrus clymenum (spanische Platterbse) und die weiße Erbse besonders bodenwüchsig waren und sowohl die größte Menge an organischer Substanz lieferten, als auch am meisten Stickstoff sammelten.

Schultz-Lupitz gelangte bezüglich obiger Pflanzen zu folgenden Resultaten:

	Die auf 1 □m gewachsene ober- und unterirdische Pflanzenmasse enthielt		Umgerechnet auf 1 ha		Stickstoff umgerechnet auf Chilisalpeter: Doppelcentner
	Trockensubstanz gr	Stickstoff kg	Trockensubstanz gr	Stickstoff kg	
Lathyrus clymenum	568,07	17,486	5680,7	174,86	11,28
Erbsen	798,07	22,274	7980,7	222,74	14,37
Mengsaat	669,68	18,355	6696,8	183,55	11,84
Lupinen, weiß . .	697,98	18,257	6979,8	182,57	11,78
„ blau . .	783,69	19,085	7836,9	190,85	12,31
„ gelb . .	564,14	14,283	5641,4	142,83	9,22

Außer diesen Pflanzen wären für leichten Boden noch zu nennen: die Serradella, die allerdings langsam wächst, der Gelbklee (medicago lupulina) Schwedenklee (trifolium hybridum) die Zottelwicke (vicia villosa), die Bohnen, die allerdings ebenso wie die deutsche Platterbse (lathyrus sativus) leicht unter der Dürre leiden, die Peluschke 2c.

Bei der Auswahl der Gründüngungspflanzen ist hinsichtlich der Bodenverhältnisse zu berücksichtigen, daß manche Lupinen auf kalkreichen Böden schlecht gedeihen, während die Erbsen, Wicken und Kleearten einen solchen lieben.

Das Tiefwurzelungsvermögen der verschiedenen Leguminosen ist ferner bei ihrer Auswahl zu berücksichtigen. Die Wichtigkeit der Tiefwurzelung haben wir bereits kurz gestreift.

Im Anschluß hieran müssen wir hier noch auf einen Punkt hinweisen, der von ganz außerordentlicher Wichtigkeit ist, nämlich auf den Zusammenhang der Tiefwurzelung mit der Wasserversorgung der Pflanzen.

Es ist ohne weiteres verständlich, daß in demselben Maße, wie eine Pflanze mit ihrem Wurzelsystem tiefer in den Untergrund dringen kann, auch ihr Abhängigkeitsverhältnis von atmosphärischen Niederschlägen bis zu einem gewissen Grade abnimmt, und so ihre Entwickelung eine weitaus gesichertere wird, da ihr ja zur

Befriedigung ihres Wasserbedürfnisses ein weit größeres Bodenvolumen und vor allem der feuchte Untergrund zu Gebote steht.

Daß sich aber auch die nach einem Tiefwurzler etwa angebauten Flachwurzler desselben Vorteils zu erfreuen haben, dürfte nicht so ohne weiteres anzunehmen sein. Und doch ist es so, und in diesem Momente liegt eine weitere und wahrlich nicht geringe Bedeutung der Gründüngung an sich einerseits, die Notwendigkeit zur Gründüngung möglichst tiefwurzelnde Leguminosen auszuwählen andererseits.

Die Bilder 9 bis 12*) zeigen uns das Vermögen einiger Flachwurzler nach einem Tiefwurzler tiefer in den Boden zu dringen, als unter normalen Verhältnissen aufs deutlichste, und zahlreiche weitere Untersuchungen von Schultz-Lupitz haben zu demselben Ergebnisse geführt.

Die Erklärung für diese Erscheinung liegt auf der Hand. Wenn die Gründüngungspflanzen untergepflügt werden, schneidet der Pflug die Wurzeln an der Grenze zwischen Ackerkrume und Untergrund durch. Die Wurzeln bleiben in dem Untergrund stecken, verwesen daselbst und bilden auf diese Weise Kanäle, durch welche alsdann die Flachwurzler in den Untergrund einzudringen vermögen.

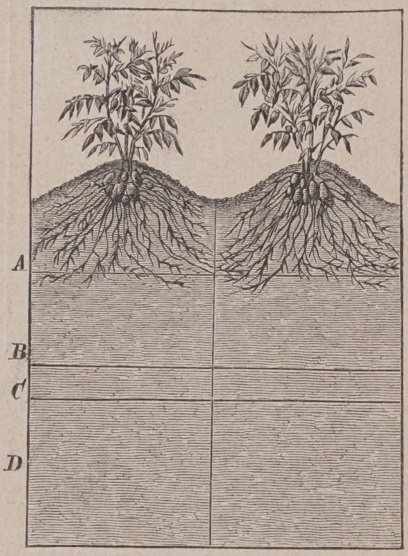


Bild 9.
Kartoffeln nach Sommerweizen.

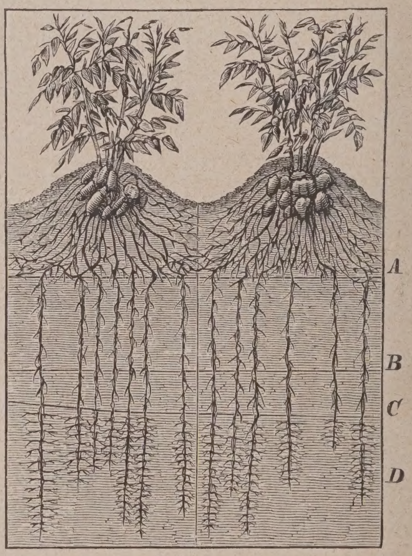


Bild 10.
Kartoffeln nach Winterroggen mit Stoppellupinen.

Auf die vergleichenden Anbauversuche und Messungen, die Schultz-Lupitz bezüglich der Tiefwurzelung mit verschiedenen Gründüngungspflanzen vorgenommen hat, wollen wir hier nicht weiter eingehen und uns damit begnügen, die Resultate, die dabei gewonnen wurden, anzuführen.

1. Der hervorragendste Tiefwurzler ist die blaue Lupine. Sie übertrifft die weiße Lupine in der gleichen Vegetationszeit um 5 bis 10 cm, die gelbe Lupine um etwa 10 bis 15 cm im tiefen Eindringen in den Untergrund. Der Besatz an

*) Aus Schultz-Lupitz: Zwischenfruchtbau.

Knöllchen ist bei ihr ebenfalls der stärkste unter diesen drei Sorten; auch die oberirdische Entwickelung ist mindestens nicht geringer, als diejenige der beiden anderen.

2. Die weiße Lupine ist ebenfalls ein hervorragender Tiefwurzler. Sie verlangt etwas besseren Boden als die blaue und mag auf solchem den Leistungen der blauen allenfalls gleichstehen, in Bezug auf oberirdische Stickstoffsammlung dieselbe sogar übertreffen.

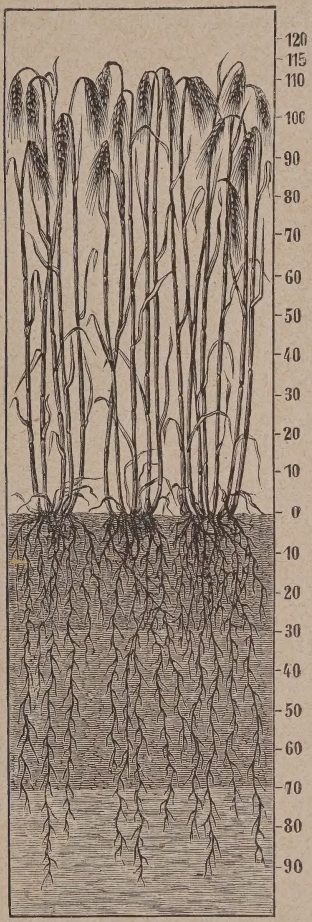


Bild 11.
Gerste nach Stoppellupinen.

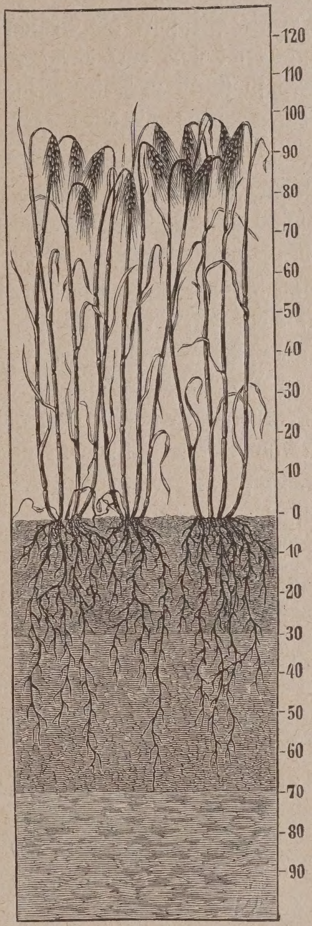


Bild 12.
Gerste nach Kartoffeln.

3. Die gelbe Lupine ist sowohl als Tiefwurzler, wie als Stickstoffsammler nach wie vor eine vortreffliche Pflanze. Den Vorzug, welchen man derselben allgemein vor der blauen und weißen Lupine zu geben pflegt, weil sie weit mehr krautig ist und aus diesem Grunde mehr Masse zu geben scheint, ist nicht gerechtfertigt. Eine Überlegenheit dieser Sorte besteht nicht.

4. Die Erbse ist ein hervorragender Stickstoffsammler, welcher in dieser Richtung die Lupine übertrifft. Dieselbe ist außerdem vorzüglich geeignet, die Ackerkrume mit einem dichten Wurzelnetz zu versehen und diejenigen Lücken auszufüllen, welche die Lupinen in derselben lassen. Ein Tiefwurzler ist sie dagegen nicht.

5. Die spanische Platterbse übertrifft die gewöhnliche Erbse an Schnellwüchsigkeit ganz erheblich, ebenso an Bestockungsfähigkeit. Gleichzeitig ist sie Tiefwurzler, wenn auch nicht in demselben Grade, wie die Lupine.

6. Die weiße Platterbse, Lathyrus sativus, mag unter Umständen ebenfalls als Zwischenfrucht sehr geeignet sein. Sie übertrifft die spanische Platterbse in ziemlich erheblichem Grade an Schnellwüchsigkeit, scheint aber an den Boden und dessen Kalkgehalt größere Ansprüche zu stellen.

7. Ob die Peluschke als Gründüngungspflanze im Zwischenfruchtbau zu berücksichtigen ist, bleibt noch eine offene Frage.

8. Ebenso ist es noch eine offene Frage, ob die Pferdebohne, welche z. B. 1894 in betreff der Schnellwüchsigkeit die Führung übernahm, sich doch nicht auch für leichten Boden als Zwischenfruchtpflanze eignen mag.

Schließlich ist natürlich auch noch der Kostenpunkt bei der Auswahl von Gründüngungspflanzen in Betracht zu ziehen.

In den meisten Fällen wird es aber angebracht sein, die Zwischenfrüchte nicht als Reinsaaten, sondern als Gemengsaaten zum Anbau zu bringen, da man bekanntermaßen auf diese Weise die Sicherung und Erhöhung der Erträge nicht unwesentlich fördern kann. Die Gründe hierfür sind, ganz kurz angedeutet, diese: Wenn man ein Gemenge verschiedener Pflanzen anbaut, so sind dieselben gezwungen in einen stärkeren Konkurrenzstreit mit einander einzutreten, wobei sie sich sowohl oberirdisch wie unterirdisch kräftiger entwickeln und so den Boden besser ausnutzen 2c. Zweitens ist eine Gemengsaat mehr gegen äußere, schädliche Einflüsse gesichert als eine Reinsaat. Es ist Aufgabe des betreffenden Landwirtes, aus den für seine Wirtschaft bodenwüchsigsten Pflanzen die passendste Gemengsaat herzustellen.

Wir gehen nunmehr zu dem Anbau der Gründüngungspflanzen über. Derselbe geschieht entweder als Hauptfrucht, als Untersaat oder als Stoppelsaat.

Die erstere Bestellungsart ist wenig gebräuchlich, da, wenn man die Gründüngungspflanzen im Frühjahr anbaut und im Herbste unterbringt, selbstverständlich eine ganze, anderweitige Ernte ausfällt. Es ist offenkundig, daß diese Bestellungsweise nur eine beschränkte sein kann.

Am meisten werden daher die Gründüngungspflanzen als Zwischenfrüchte angebaut und zwar entweder als Untersaat, indem man sie in eine im Wachstum begriffene Hauptfrucht einsät, oder aber als Stoppelsaat, indem man sie unmittelbar nachdem die Hauptfrucht das Feld geräumt hat bestellt.

Je nach den klimatischen und wirtschaftlichen Verhältnissen wird der Landwirt sich für die eine oder andere Bestellungsart zu entscheiden haben.

Die Untersaaten sind hinsichtlich ihres Gelingens ziemlich unsicher, besonders auf leichten Böden mit geringem Wassergehalt. Sie empfehlen sich am meisten für bessere Bodenarten mit höherem Wassergehalt und für Hauptfrüchte, welche zu spät das Feld räumen, um noch eine Stoppelsaat aussichtsvoll erscheinen zu lassen. Als Untersaatpflanzen eignen sich am besten: der Rotklee, der schwedische Klee (trifolium hybridum), der Gelbklee (medicago lupulina), die Serradella und auch wohl die Lupine.

Sehr wichtig ist die rechtzeitige Einsaat. Schultz-Lupitz empfiehlt Kleesaaten aller Art bereits vor dem letzten Eggenstrich der Übersaat, falls diese Sommerkorn ist, zu säen.

Die Stoppelsaat ist bei sorgfältiger Bestellung*) sicherer als die Untersaat und deshalb auch am gebräuchlichsten und empfehlenswertesten. Da den Stoppelsaaten zu ihrer Entwickelung nur der Zeitraum von der Aberntung der Hauptfrucht bis zum Eintritt des Frostes zur Verfügung steht, so ist auf ihre rechtzeitige Bestellung vor allem Bedacht zu nehmen.

„Man säume mit der Bestellung nicht, auch nicht einen einzigen Tag. Sobald das Feld soweit frei wird, und die Schleppharke zwischen den Stiegen gegangen ist, schicke man sofort den Dreischarpflug auf das Feld zur Arbeit. Dem Dreischar hat sofort die Ringelwalze zu folgen (falls sich nicht ein mehrmaliges Eggen etwaiger Quecken halber notwendig macht) und dieser alsdann die Drillmaschine. Ein Tag Vorsprung im Juli bedeutet mehr für den Erfolg, als 10 Tage Wachstum im Oktober.“ So schreibt Schultz-Lupitz.

Vibrans hat folgenden lehrreichen Versuch angestellt. Er säte zu verschiedenen Zeiten Wicken als Stoppelsaat und erntete pro ha an Stickstoff und Pflanzenmasse folgende Mengen:

Tag der Saat	Tag des Unterpflügens	Erzeugte Pflanzenmasse	Aufgespeicherter Stickstoff
19. Juli	26. Oktober	3380 kg	122 kg
5. August	26. Oktober	1866 kg	80 kg
20. August	26. Oktober	1164 kg	54 kg
31. August	26. Oktober	664 kg	31 kg

Sehr wichtig ist es, daß die Gründüngungspflanzen einen dichten, geschlossenen Stand aufweisen. Man spare darum nicht mit der Saatmenge. Damit sich aber die Pflanzen kräftig und üppig entwickeln können, ist vor allem auch dafür Sorge zu tragen, daß es dem Boden nicht an den nötigen Nährstoffen mangelt.

Kali, Phosphorsäure und Kalk, die ja in erster Linie in Betracht kommen, müssen den Leguminosen stets in so reichlicher Weise zu Gebote stehen, daß sie es unter sonst günstigen Verhältnissen zu der üppigsten Massenentwickelung zu bringen vermögen.

Je günstiger den Gründüngungspflanzen die sonstigen Lebensbedingungen gestaltet werden, um so größere Mengen Stickstoff werden sie der Atmosphäre entnehmen und verarbeiten können.

Es ist nun aber nicht rationell, schon wegen des dadurch bedingten Mehraufwandes an Zeit nicht, die Leguminosen direkt zu düngen.

Man muß vielmehr die Düngung der Vorfrucht resp. der Vorfrüchte so bemessen, daß die nachfolgenden Zwischenfrüchte auf jeden Fall noch die nötigen Nährstoffmengen vorfinden.

Über die Aussichten einer Düngung mit Nitragin, einem Bakterienpräparat, welches die specifischen Bakterienarten der einzelnen Gründüngungspflanzen in Reinkultur enthält, werden wir uns an späterer Stelle verbreiten.

Wir haben weiter oben kennen gelernt, daß die Leguminosen, bevor sie zur vollen Entwickelung gelangen, zunächst einen von eigentümlichen Erscheinungen begleiteten Hungerzustand durchzumachen haben.

---

*) Bezüglich der näheren Technik der Bestellung verweisen wir auf die vorzügliche Schrift von Dr. h. c. Schultz-Lupitz: Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden, die für jeden der Zwischenfruchbau treibt eine Fülle Belehrung und Anregung bietet.

Derselbe ist auf einen Stickstoffmangel zurückzuführen und verschwindet erst dann, wenn die Bakterien, die zunächst rein parasitär die Leguminosen bewohnen, soweit entwickelt sind, daß eine Stickstoffassimilation von statten gehen kann.

Es ist nun vorgeschlagen worden, die Leguminosen mit einer schwachen Salpeter-Düngung zu versehen, um sie rasch und sicher über diesen Hungerzustand hinwegzuhelfen.

Die Erfahrungen der Praxis über diesen Punkt sind verschieden und müssen verschieden sein, da die Wirkung und Rentabilität einer Stickstoffdüngung zu Leguminosen ganz von dem ursprünglichen Düngungszustande des Bodens abhängig ist.

Im allgemeinen kann man daran festhalten, daß unter normalen Verhältnissen eine Stickstoffdüngung zu Leguminosen nicht angezeigt ist. Nur bei einem sehr stickstoffarmen Boden kann eine mäßige Stickstoffdüngung — etwa 1 Ctr. Chilisalpeter pro ha oder noch weniger — sich unter Umständen rentabel erweisen.

Es ist darüber gestritten worden, ob es nicht wirtschaftlich richtiger und rentabeler sei, die stickstoffsammelnden Zwischenfrüchte zu ernten und zu verfüttern, anstatt dieselben unterzuackern. Man ging dabei von dem an für sich gewiß sehr richtigen Satz aus, daß ein Nährstoff als Futterstoff einen größeren Wert besitzt wie als Dungstoff.

Es ist nun unmöglich, diese Frage generell in dem einen Sinne oder anderem Sinne entscheiden zu wollen. Je nach den lokalen, wirtschaftlichen Verhältnissen, wird sich hier dieses, dort jenes Verfahren als das rentabelste erweisen, und mit Hilfe des Rechenstiftes muß der Zwischenfruchtbautreibende Landwirt zu entscheiden suchen, wie er dieselbe für seine besonderen Verhältnisse am vorteilhaftesten verwerten kann.

Im großen Durchschnitt kann man aber wohl annehmen, daß die Verwendung der Zwischenfrüchte zu Düngungszwecken in Deutschland am empfehlenswertesten ist.

Wann soll man nun das Unterpflügen der Gründüngungsmassen vornehmen, im Spätherbst, im Winter, oder im Frühjahr?

Sicher ist es noch nicht festgestellt, welcher Zeitpunkt der geeignetste ist. In Anbetracht dessen jedoch, daß durch ein Unterpflügen im Spätherbst einem Verlust der Gründüngung an organischer Substanz und Stickstoff am sichersten vorgebeugt wird und daß infolge einer frühzeitigen Unterbringung auch die Umwandlung der organischen und stickstoffhaltigen Substanz schneller erfolgt und damit den Pflanzen zur Zeit ihres Bedarfes die nötigen Nährstoffmengen rechtzeitig zur Verfügung stehen, als wenn man das Unterpflügen erst im Frühjahr vornimmt, sowie in Berücksichtigung der großen Vorteile, welche ein Stürzen des Bodens im Herbste für den Boden an sich und für die Vernichtung von Pflanzenschädlingen besitzt, dürfte immerhin ein Unterpflügen im Spätherbst am empfehlenswertesten sein.

Über die Tiefe des Unterpflügens auf den verschiedenen Böden vergleiche man die betreffenden Angaben beim Stallmist.

Was nun den Düngewert der Gründüngungssubstanz anlangt, so interessiert uns in dieser Beziehung natürlich in erster Linie der Wert des Stickstoffs. Der Stickstoff ist in der Gründüngung als Eiweiß und Amidstickstoff enthalten und kann daher direkt nicht von den Pflanzen verwertet werden. Wagner hat bei seinen vergleichenden Untersuchungen über den relativen Düngewert des in „organischen" Stickstoffdüngern enthaltenen Stickstoffs gefunden, daß, wenn man die Wirkung des Salpeters = 100 setzt, der Wirkungswert des Stickstoffs in grüner Pflanzenmasse etwa gleich 70 zu setzen ist.

Selbstverständlich darf man aber den Wert der Gründüngungsmassen nicht lediglich nach deren Stickstoffgehalt bemessen. Der so außerordentlich günstige Einfluß, den der

Anbau von Gründüngungspflanzen auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens ausübt, ist ein weiterer und nicht gering zu veranschlagender Faktor bei der Beurteilung des Wertes der Gründüngung.

Die Wirkung der Gründüngung auf die verschiedenen Kulturpflanzen ist eine sehr verschiedene. Nach den bisher vorliegenden Versuchen sind es vor allem die Hackfrüchte, und unter diesen stehen wiederum die Kartoffeln voran, welche den Gründung am besten ausnutzen und verwerten. In zweiter Linie kommen dann erst die Halmfrüchte.

Von diesen letzteren erweist sich wiederum der Hafer am dankbarsten gegen eine Gründüngung.

Auch der Weizen soll mit Vorteil in Gründüngung angebaut sein. Am wenigsten geeignet aber sind Roggen und Gerste.

Nach den langjährigen Beobachtungen von Schultz-Lupitz hat es sich herausgestellt, daß durch Beigabe einer geringen Stallmistdüngung, etwa 80 bis 160 Ctr. pro ha, die Wirkung der Gründüngung erhöht werden kann. Der Stallmist dürfte in diesem Falle weniger durch seinen Nährstoffgehalt wirken, als vielmehr dadurch, daß er durch seinen Bakterienreichtum eine schnellere Zersetzung der Gründüngungsmassen herbeiführt und dadurch veranlaßt, daß der Gründüngungs-Stickstoff rechtzeitig in genügender Menge für die Pflanzen verfügbar wird.

Letzteres ist, wie wir wiederholt betont haben, für eine Massenentwickelung der Pflanzen von großer Wichtigkeit.

Man kann daher auch, wenn Stallmist nicht zur Verfügung steht, eine geringe Beidüngung von Salpeter anwenden, um den Pflanzen ihren ersten Bedarf an Stickstoff zu sichern.

Dieses gilt zunächst für die Hackfrüchte, die ja, wie wir gesehen haben, überhaupt die geeignetsten Früchte für die Gründüngung sind.

Für Halmfrüchte hat sich nach den Lupitzer Erfahrungen eine Beidüngung von Stickstoff zur Gründüngung weniger rentabel erwiesen.

Da die Gründüngungspflanzen sich bezüglich der Ernährung mit mineralischen Nährstoffen in nichts von den übrigen Gewächsen unterscheiden, abgesehen von den Vorteilen, die sie in dieser Beziehung durch ihre Tiefwurzelung genießen und der Nachfrucht gewähren, so ist es selbstverständlich, daß der Landwirt je nach dem Düngungszustande des Feldes auf entsprechende Düngung mit Phosphorsäure, Kali und Kalk Bedacht zu nehmen hat.

Auf die Rentabilität der Gründüngung hier näher einzugehen, kann natürlich nicht unsere Aufgabe sein.

Die wachsende Ausdehnung des Zwischenfruchtbaus dürfte aber seine beste Empfehlung sein.

Die hervorragenden Erfolge, welche man vermittelst der Gründüngung auf leichten Böden erzielt hat, haben die Veranlassung gegeben, zu untersuchen, ob und inwieweit sich der Zwischenfruchtbau auch auf die besseren, schwereren Bodenarten übertragen läßt.

Nach den bisherigen Darlegungen ist es nun von vornherein klar, daß es in dem Wesen der Gründüngung begründet liegt, daß dieselbe für bessere Böden nie die Bedeutung besitzen kann wie für die Sandböden, da ja, um noch einmal kurz darauf hinzudeuten, die Leguminosen den atmosphärischen Stickstoff erst dann aufnehmen, wenn ihnen der Bodenstickstoff zur Ernährung nicht mehr genügt.

Aber auch aus anderen Gründen sind der Gründüngung für die schwereren Böden die Grenzen der Anwendbarkeit enger gesteckt.

Die Unsicherheit des Aufgangs und der üppigen Entwickelung der Gründüngungspflanzen ist auf den schweren Lehmböden bei weitem größer als auf den Sandböden.

Immerhin ist die Gründüngung doch auch auf manchen besseren Böden mit Erfolg eingeführt worden, und der Landwirt wird aus seinen Beobachtungen heraus von Fall zu Fall entscheiden müssen, ob sein Boden sich zum Zwischenfruchtbau eignet, oder aber ob es für ihn rentabler ist, denselben während der Herbst- und Winterszeit brach liegen zu lassen.

Wir werden an späterer Stelle einige interessante Versuche, die Edler über Gründüngung und Brache auf schwererem Boden angestellt hat, besprechen.

Hier wollen wir nur noch einige Gründüngungspflanzen namhaft machen, die nach bisherigen Erfahrungen für bessere Böden geeignet erscheinen. Es sind: zottige Wicke (vicia villosa) am besten zugleich mit Johannisroggen ausgesät und untergepflügt; gewöhnliche Wicke (vicia sativa); Peluschke (pisum arvense); Ackerbohne (vicia faba); gelber Hopfenklee (medicago lupulina); schwedischer Klee (trifolium hybridum); Bokkharaklee (melilotus albus altissimus); Rotklee (trifolium pratense); Inkarnatklee (trifolium incarnatum); Luzerne (medicago sativa); auch die graue ostpreußische Erbse ist speciell für bessere Bodenarten warm empfohlen werden.

Märcker hat auf dem humosen Lehmboden des Versuchsgutes Lauchstädt mit einem Gemisch von Pferdebohnen (50 kg) Erbsen (100 kg) Wicken (50 kg) pro ha gute Erfolge gehabt. An Stelle der Erbsen können auch ebensogut Peluschken verwandt werden. Gemische mit Lupinen und namentlich Lathyrus haben sich nicht bewährt.

Die Versuche Märcker's erstrecken sich allerdings nur auf den Zeitraum eines Jahres, welches noch dazu eine besonders günstige Witterung besaß.

D. Die Düngung durch Ernterückstände, Erde und Schlick.

Wenn wir den Begriff der Düngung dahin definieren, daß wir unter derselben die Zuführung von Stoffen zum Boden, welche direkt oder indirekt den Pflanzenwuchs zu fördern imstande sind, verstehen, so kann von einer Düngung durch Ernterückstände nur in einem beschränkten Maße die Rede sein, insofern als der Boden durch den Anbau von Pflanzen nur an organischen, kohlenstoffhaltigen Substanzen angereichert wird, während ihm andererseits nicht nur keine neuen Nährstoffe zugeführt werden, sondern er vielmehr seinerseits Nährstoffe an die Pflanzen abgeben muß.

Von dieser Regel machen nur, wie wir in dem vorigen Kapitel dargelegt haben, die Leguminosen in gewisser Beziehung eine Ausnahme, indem sie den Boden außer an Kohlenstoff-Verbindungen auch noch an organischen Stickstoff-Verbindungen bereichern. Der Einfluß, den die Ernterückstände auf den Boden ausüben, beruht daher in erster Linie auf einer Verbesserung des physikalischen Zustandes desselben.

In gewisser Weise wird allerdings der Gehalt der Ackerkrume auch an Mineralstoffen durch die Ernterückstände erhöht. Dieses geschieht aber auf Kosten des Untergrundes. Nach den Ermittelungen von H. Weiske sind in den Stoppel- und Wurzelrückständen einiger Feldfrüchte folgende Mengen an organischer Substanz und Nährstoffen enthalten.

Pflanze	Pro ha in kg.					
	Stoppel- und Wurzelrück-stände	Organische Substanz	Stickstoff	Mineralstoffe	Kali	Phosphor-säure
Weizen	3988	2738	27,12	1250	21,2	13,6
Roggen	6038	4148	75,12	1890	36,0	29,2
Gerste	2284	1848	26,40	436	11,2	13,8
Hafer	4334	2678	30,72	1656	28,6	34,6
Buchweizen	2518	1984	54,96	534	10,6	12,6
Raps	5114	4400	69,84	714	54,2	36,8
Lupine	4054	3422	71,52	632	19,6	16,0
Erbse	3696	2926	65,04	770	13,0	17,2
Serradella	3590	2964	74,40	626	10,2	21,2
Wundklee	5740	4622	117,36	1118	29,8	27,6
Rotklee	10232	8030	220,08	2202	93,8	86,0
Luzerne	11088	9712	156,48	1376	42,2	45,2
Esparsette	6802	5628	141,60	1174	49,0	34,2

Diese Zahlen schwanken natürlich je nach dem Kultur- und Düngungszustande des Bodens.

Durch die Blätter und Stengel der Knollen- und Wurzelfrüchte können dem Boden, sofern sie auf demselben verbleiben, wie Wollny nach Angaben von E. Wolff berechnet hat, etwa folgende Mengen an organischer Substanz und Nährstoffen einverleibt werden.

Pflanze	Pro ha in kg.					
	Blätter und Kraut pro ha	Organische Substanz	Stickstoff	Mineralstoffe	Kali	Phos-phorsäure
Kartoffel	4000—8000	841,2—1682,4	19,6—39,2	78,8—157,6	17,2—34 4	6,4—12,8
Topinambur	4000—10000	742,0—1855,0	21,2—53,0	58,0—145,0	12,4—31,0	2,8— 7,0
Runkelrübe	6000—12000	482,4— 964,8	18,0—36,0	87,6—175,2	27,0—54,0	6,0—12,0
Mohrrübe	4000—8000	616,4—1232,8	20,4—40,8	95,6—191,2	11,6—23,2	4,0— 8,0
Kohlrübe	4000—10000	385,6— 964,0	13,6—34,0	78,4—196,0	11,2—28,0	8,0—20,0
Wasserrübe	4000—10000	360,4— 901,0	12,0—30,0	47,6—119,0	11,2—28,0	3,6— 9,0

Die Erd- und Schlamm- (Schlick-) Düngung findet nur in wenigen und bestimmten Distrikten Anwendung. Eine bedeutende Ausdehnung kann diese Düngungsweise schon der damit verknüpften Kosten wegen nicht gewinnen. Um die Fläche eines Hektars mit einer nur 1 cm hohen Schicht Erde zu versehen, sind z. B. 100 cbm Erde erforderlich.

Hauptsächlich wird die Erd- und Schlammdüngung*) zu Meliorationszwecken

*) Ein berühmtes und bekanntes Beispiel für die befruchtende Wirkung von Flußschlamm bietet bekanntlich der Nil.

auf Sand- und Moorboden ausgeführt, aber ebenso gut wie die Moorböden durch Überfahren von Sand ꝛc., die Sandböden durch die Zufuhr von Thonboden, Torfboden, ꝛc., können natürlich auch die steifen Thonböden durch Aufbringung von Sand wesentlich verbessert werden.

In erster Linie ist es natürlich die physikalische Beschaffenheit, die durch eine solche Düngungsweise verbessert wird.

In einigen Gegenden Norddeutschlands hat man durch die Verwendung von Schlick gute Erfolge auf Sand- und Moorböden erzielt. Der Schlick (Schlamm) lagert sich bekanntlich aus der Ausmündung größerer Flüsse (so der Elbe, Weser, Jahde ꝛc.) in großen Massen ab*) und wird durch Ausbaggern gewonnen. Nach Untersuchungen von M. Fleischer, dem wir interessante Versuche über die Düngung mit Schlick verdanken, enthält trockener Schlick im Mittel:

Stickstoff	$0{,}_{25}$—$0{,}_{30}$ %	Kalk	3 —7 %
Kali	$0{,}_{50}$—$0{,}_{70}$ %	Phosphorsäure	$0{,}_{15}$—$0{,}_{40}$ %

Je nach der Entfernung der zu meliorierenden Ländereien vom Gewinnungsort des Schlickes hat sich nach den Versuchen Fleischers die Verwendung von 100 000 kg bis 200 000 kg Schlick rentabel erwiesen. Die zweckmäßigste Zeit zur Aufbringung des Schlicks auf die Ländereien ist der Herbst. Auf eine andere Art der Erddüngung, auf die sogenannte Plaggenwirtschaft, haben wir bereits bei der Besprechung des Stallmistes kurz hingewiesen.

E. Die künstlichen Düngemittel. Die Kunst- und Handelsdünger.

Allgemeine Betrachtungen. Die künstlichen Düngemittel, welche Handel und Industrie heute der Landwirtschaft, in Realisierung der Liebigschen Ideen liefern, sind erst seit wenigen Jahrzehnten in Gebrauch. Ihre richtige Anwendung, gleichbedeutend mit der Anerkennung und Befolgung der Liebigschen Lehren, hat nicht nur, wie wir dieses bereits hervorgehoben, die Landwirtschaft in ganz neue Bahnen gelenkt, sondern dieselbe auch mächtig in ihrer Entwickelung gefördert. Durch die Einführung der künstlichen Düngemittel ist eine viel zweckmäßigere und eine viel intensivere Düngung möglich geworden, als es vordem bei mehr oder weniger ausschließlicher Verwendung des Stallmistes der Fall war, ja man kann direkt behaupten, daß durch die Anwendung der künstlichen Düngemittel überhaupt erst eine rationelle Düngung ermöglicht ist.

Fragen wir uns, worin denn die Vorteile der künstlichen Düngemittel gegenüber dem alten Universaldüngemittel, dem Stallmist, begründet sind, so müssen wir hierauf antworten, daß es neben ihrer schnelleren Wirksamkeit und neben der leichteren Anwendung vorzüglich der Umstand ist, daß sie dem Landwirte die verschiedenen Nährstoffe einzeln in konzentrierter Form zu Gebote stellen.

Wenn nun auch nicht zu leugnen ist, daß die künstlichen Düngemittel wegen dieser einseitigen Düngewirkung in der Hand des mit dem Wesen der Pflanzenernährung nicht vertrauten Landwirtes, infolge einer falschen Anwendung zu Mißerfolgen Veranlassung geben können, so vermag andererseits der sachkundige Landwirt

*) Auf diese Schlammablagerung ist bekanntlich die Entstehung der „Marschen“ zurückzuführen.

gerade aus dieser ihrer Eigenschaft den größten Nutzen zu ziehen, denn sie ermöglicht es ihm, seinem Boden gerade diejenigen Nährstoffe in reichlichster Menge zuzuführen, an denen er Mangel leidet und seine Pflanzen gerade mit denjenigen Nährstoffen zu düngen, die sie entsprechend ihrer Natur zu ihrer üppigsten Entwickelung bedürfen, ohne gezwungen zu sein, mit den übrigen Nährstoffen eine unnütze Verschwendung treiben zu müssen, wie dieses mehr oder weniger bei alleiniger Anwendung des Stallmistes der Fall sein würde.

Es würde nun zu weit führen und entspräche nicht dem Zwecke dieser Arbeit, wollten wir näher auf die einzelnen Vorteile, welche die Kunstdünger bieten, eingehen, aber wenn wir, um einige kurz anzudeuten, nur bedenken, daß die künstlichen Düngemittel es uns ermöglichen, erschöpfte Felder rasch wieder zu kräftigen, normale Böden zur höchsten Ertragsfähigkeit zu zwingen, daß sie eine weit größere Sicherheit und Gleichmäßigkeit der Bodenerträge gewährleisten, als es früher der Fall war, indem sie uns die Möglicheit bieten, kränkelnde und schwache Saaten noch rechtzeitig so zu kräftigen, daß sie noch befriedigende Erträge liefern, wenn wir weiter daran denken, daß die künstlichen Düngemittel uns in den Stand setzen, die Fruchtfolge viel freier und namentlich auch viel intensiver zu gestalten, als es ohne sie möglich wäre und ohne einen Rückschlag in den Ernteerträgen befürchten zu müssen, und wenn wir ferner berücksichtigen, daß die künstlichen Düngemittel uns ein Mittel sein können, selbst mit ungünstigen klimatischen Verhältnissen in einen oft erfolgreichen Kampf zu treten, insofern es mit ihrer Hilfe gelingt, die Pflanzen rechtzeitig zu einer solchen Entwickelung zu bringen, daß sie den Unbilden der Witterung zu trotzen vermögen, so dürfte hieraus zur Genüge die große Bedeutung der künstlichen Düngemittel hervorgehen.

Der gewaltige stets sich steigernde Verbrauch an künstlichen Düngemitteln (man vergleiche die Angaben auf Seite 94) legt Zeugnis dafür ab, daß die Landwirtschaft sich des Wertes derselben bewußt ist, und die im Zusammenhang hiermit stehende, mächtig gesteigerte landwirtschaftliche Produktion beweist, daß sie diesen Wert wirklich besitzen. Aber eins darf bei ihrer Beurteilung nicht vergessen werden.

Die Kunstdünger sind keine vollständigen Dünger in dem Sinne, wie es z. B. der Stallmist, die Gründüngungsmassen 2c. sind, welche neben sämtlichen, für das Pflanzenwachstum notwendigen Nährstoffen auch noch größere Mengen organischer, humusbildender Stoffe enthalten. Die Kunstdünger sind dagegen einseitige Düngemittel und von einigen Ausnahmen abgesehen meist nicht imstande, außer ihrer Nährwirkung auch noch indirekt günstig auf das Pflanzenwachstum einzuwirken, da sie mangels ihres Gehaltes an organischer Substanz*) die Beschaffenheit des Bodens nicht in der Weise günstig zu beeinflussen vermögen, wie wir dieses bezüglich des Stallmistes weiter oben dargelegt haben.

Es ist sogar erwiesen, daß bei andauernder, ausschließlicher Verwendung einiger Handelsdüngemittel, so z. B. von Kainit und Chilisalpeter, der Boden in physikalischer Beziehung eine Verschlechterung erfahren kann.

Eine Ausnahmestellung nehmen in dieser Hinsicht einige Kalkpräparate ein, welche, wie wir noch sehen werden, imstande sind, auch die mechanische Struktur des Bodens ganz erheblich zu verbessern.

---

*) Die relativ geringen Mengen organischer Substanz, welche einige Handelsdünger dem Boden liefern, kommen praktisch nicht in Betracht.

Durch diese Eigenschaften ist die Stellung der Kunstdünger zu den vollständigen Düngemitteln und speciell zu dem Stallmist als deren wichtigster Repräsentant charakterisiert.*)

Die Frage ist nicht die: Stallmist oder Kunstdünger, sondern die Losung muß sein Stallmist und Kunstdünger. Nur durch die gemeinsame Anwendung beider wird es möglich sein, den Fruchtbarkeitszustand der Äcker auf die Dauer zu erhalten und zu steigern.

Man teilt die künstlichen Düngemittel je nach dem Nährstoff, den sie als Hauptbestandteil enthalten, ein in: Stickstoffdünger, Phosphorsäure-Dünger, Kali-Dünger und Kalk-Dünger. Einige Düngemittel enthalten nur einen dieser Nährstoffe, andere zwei oder mehrere derselben.

Warum nur die oben genannten Nährstoffe dem Landwirte in Form von Handelsdüngemitteln angeboten werden, ist unschwer zu verstehen, wenn wir uns die früheren Ausführungen über das Vorkommen und die Bedeutung der einzelnen Pflanzennährstoffe ins Gedächtnis zurückrufen.**) Wir haben kennen gelernt, daß, obgleich alle Pflanzennährstoffe für das Leben der Pflanze gleich wichtig und darum einander gleichwertig sind, doch für den Boden und in Bezug auf die Düngung die Nährstoffe von sehr verschiedenem Werte sind. Hier sind Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk, die weitaus wichtigsten aller Pflanzennährstoffe; sie sind in relativ geringster Menge im Boden vorhanden und müssen daher in erster Linie demselben zugeführt werden. Wir wollen uns nunmehr über das Wesen der wichtigsten Kunstdünger etwas näher orientieren.

F. Die wichtigsten stickstoffhaltigen Düngemittel.

Allgemeines. Die hohe Bedeutung, welche der Stickstoff für die Ernährung der Pflanzen besitzt, erhellt zu Genüge daraus, daß derselbe zum Aufbau der stickstoffhaltigen Verbindungen der Pflanze, namentlich der Eiweißstoffe, dient und unentbehrlich ist.

Man pflegt oft von einer specifischen Wirkung des Stickstoffs, der Phosphorsäure ꝛc. zu sprechen. So nimmt man oft an, daß eine Stickstoffdüngung die Blattentwickelung, eine Düngung mit Phosphorsäure die Körnerbildung beeinflusse ꝛc. Dieses ist aber nur bis zu einem gewissen Grade richtig. Streng genommen giebt es für die einzelnen Nährstoffe in gedachter Richtung eine specifische direkte Wirkung überhaupt nicht, nämlich dann nicht, wenn sich alle Wachstumsfaktoren für die Pflanze im Optimum befinden. Unter diesen Umständen wird stets eine harmonische Ausbildung der Pflanzen erfolgen. Wenn aber der eine oder der andere Wachstumsfaktor in einer bestimmten Vegetationsperiode einseitig gesteigert oder vermindert wird, so kann dieses allerdings von Einfluß auf die Entwickelung und Ausbildung der Gewächse sein. Sehr viele uns sichere Beobachtungen liegen hierüber allerdings noch nicht vor. Da es aber für die Praxis von Wichtigkeit ist, über den Einfluß, die eine Düngung auf die Qualität der Ernteprodukte ausübt, orientiert zu sein, so wollen wir die Wirkung, die eine Stickstoffdüngung, welche uns hier zunächst interessiert, unter gewissen Verhältnissen auf die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Ernteprodukte ausüben kann, kurz besprechen, ohne auf die mancherlei Nebenumstände, die

*) Siehe Seite 94.
**) Siehe Seite 28—31.

dabei beteiligt sein können, näher einzugehen. An passender Stelle werden wir auf diesen Gegenstand zurückzukommen haben.

Was nun erstens den Einfluß einer Stickstoffdüngung auf das Verhältnis zwischen Blatt- und Körnerproduktion anlangt, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß durch eine Stickstoffdüngung durchaus nicht immer die Blattentwickelung auf Kosten der Körnerbildung begünstigt wird, sondern daß auch in sehr vielen Fällen das Umgekehrte zu verzeichnen ist. Hieraus geht schon hervor, daß von einer specifischen Wirkung des Stickstoffs bezüglich der Körner- resp. Strohproduktion nicht die Rede sein kann.

Wagner hat nun auf experimenteller Grundlage eine Erklärung für diesen wechselnden Einfluß der Stickstoffdüngung erbracht.

Er fand, daß derselbe mit der zeitlichen Verwendung der Stickstoffdüngung zusammenhängt.

Wenn der Schwerpunkt der Stickstoffernährung mehr auf die Anfangsentwickelung der Pflanze verlegt wird, so fällt sie zu Gunsten der Strohbildung aus.

Erfolgt dagegen die Ernährung mit Stickstoff mehr gegen die späteren Entwickelungsstadien der Pflanzen, so fällt sie zu Gunsten der Körnerbildung aus.

Die nachstehenden Versuchsergebnisse Wagner's lassen dieses deutlich erkennen:

Weizen: Stickstoff (in Form von salpetersaurem Natron) pro Gefäß in gr. gegeben am 27. April	26. Mai	15. Juni	Auf je 100 Teile Stroh sind Teile Körner geerntet.
0	0	0	59
6	—	—	62
4	2	—	63
4	—	2	64
2	4	—	64
2	2	2	66
2	—	4	66
—	6	—	64
—	4	2	70
—	2	4	76
—	—	6	71
6	—	—	62
4	2	—	60
2	2	2	65
—	6	—	72
—	2	4	75

Hafer: Stickstoff (in Form von salpetersaurem Natron) pro Gefäß in		Auf je 100 Teile Stroh sind Teile Körner geerntet.
bei der Einsaat gegeben	0	48
	0,098	49
	0,172	50
	0,246	56
zur Hälfte bei der Einsaat, zur Hälfte nach der Bestockung gegeben	0,098	53
	0,172	52
	0,246	54
nach der Bestockung gegeben	0,098	55
	0,172	57
	0,246	58
beim Schossen gegeben	0,098	62
	0,172	63
	0,246	67

Es wird ferner behauptet, daß durch eine Düngung mit Stickstoff der Stickstoffgehalt der Pflanzen, speciell der Proteïngehalt der Körner, erhöht werden soll. Die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Beobachtung ist namentlich, um ein Beispiel anzu-

führen, für den Gerstenbau von großer Bedeutung, da bekanntlich ein hoher Proteïngehalt für die zu Brauzwecken dienende Gerste durchaus nicht erwünscht ist. Wie ist es nun um die Stichhaltigkeit dieser Behauptung bestellt?

Die Entscheidung dieser Frage kann nicht einfach mit ja oder nein geschehen, sondern muß eine bedingte sein.

Es ist richtig, daß unter Umständen durch eine Stickstoffdüngung eine Erhöhung des Proteïngehaltes der Körner eintreten kann, und zwar dann, wenn den Pflanzen der eine oder andere der übrigen Wachstumsfaktoren, sei es Kali, Phosphorsäure, Wasser oder ein anderer, nicht in genügender Weise zur Verfügung steht, um die dargereichte Stickstoffmenge verarbeiten zu können, wenn sich also der Stickstoff im relativen Maximum befindet.

Wenn man aber, wie es bei einer rationellen Düngung immer der Fall sein soll, darauf Bedacht nimmt, daß die übrigen Nährstoffe stets in so großer Menge vorhanden sind, daß sich der Stickstoff zu diesen, sowie zu den übrigen, durch die natürlichen Verhältnisse gegebenen Produktionsfaktoren stets im richtigen Verhältnisse, d. h. im relativen Minimum befindet, so wird man imstande sein, selbst bei relativ starker Stickstoffdüngung, Ernteprodukte von normalem Stickstoffgehalt produzieren können.

Besonders Wagner hat zahlreiche Versuche darüber angestellt, die beweisen, daß bei ungehinderter Wirkung der Stickstoffdüngung d. i. bei einer dem verfügbaren Stickstoffquantum entsprechenden Erzeugung von Pflanzensubstanz, Produkte gewonnen werden, deren prozentischer Stickstoffgehalt nicht höher ist, als man ihn in den bei stickstofffreier Düngung erhaltenen Ernteprodukten findet.

Eine überstarke Stickstoffdüngung kann unter den geschilderten Verhältnissen aber nicht nur eine Erhöhung der stickstoffhaltigen Bestandteile der Pflanzen zur Folge haben, sondern zugleich auch mit einer Erniedrigung des prozentarischen Gehaltes an Kohlehydraten bezw. Fett verknüpft sein, und hierdurch gewinnt diese Frage eine weitere Bedeutung für den Zuckerrüben- und Kartoffelbau. Dieser Einfluß der Stickstoffdüngung ist leicht erklärlich, denn je mehr stickstoffhaltige Stoffe gebildet werden, umsomehr stickstofffreie Substanzen werden zu ihrer Erzeugung verbraucht.

Außerdem liegen Versuche vor, aus welchen hervorgeht, daß mit der Erhöhung des Stickstoffgehaltes der Pflanzen auch die Athmungsgröße derselben steigt. Es ist aber bekannt, daß die Athmung mit einem Verbrauch an stickstofffreien Stoffen Hand in Hand geht.

Wir finden hier also die gleichen Verhältnisse vor, wie sie uns bei der Ernährung der Tiere entgegentreten.

Für den soeben erwähnten Einfluß einer übergroßen Stickstoffdüngung auf den Gehalt an Kohlehydraten lassen sich sowohl in Bezug auf die Rüben wie auf die Kartoffeln manche Beispiele beibringen. Wir wollen uns aber damit begnügen eine Zahlenreihe aus einem Versuche Hellriegels mitzuteilen, der das Gesagte klar beweist.

Stickstoffdüngung		Rübengewicht	% Zucker	
2,940	hohe Stickstoffgabe	813 gr	13,9	Mittel 13,6 % Zucker.
2,250		781 gr	13,2	
2,100		527 gr	13,7	
1,680		479 gr	13,6	
1,260	niedrige Stickstoffgabe	360 gr	15,6	Mittel 15,6 % Zucker.
0,840		267 gr	16,2	
0,420		103 gr	14,8	

Daß man durch eine Stickstoffdüngung nicht nur die Zusammensetzung der Pflanzen, sondern auch die Flora z. B. der Wiesen zu beeinflussen vermag, sei hier noch kurz erwähnt.

Diesbezügliche in Rothamsted von Lawes und Gilbert angestellte Wiesendüngungsversuche haben gelehrt, daß eine Stickstoffdüngung das Wachstum der Gramineen, eine Mineraldüngung dasjenige der Leguminosen begünstigt.

Über die Menge der Ernteprodukte, welche wir durch eine Stickstoffdüngung von bestimmter Stärke erzeugen können, sind wir am besten, wie wir sehen werden, hinsichtlich des Salpeters orientiert.

Die Wirkung des Salpeterstickstoffs auf die Quantität der Erntemasse ist soweit studiert, daß wir dieselbe jetzt mit annähernder Sicherheit voraus sagen können. Wir werden später kennen lernen, daß innerhalb bestimmter Grenzen die Wirkung des Salpeter-Stickstoffs in einem geraden Verhältnisse zu der Menge derselben steht.

Weit unsicherer ist es aber um unsere Kenntnisse hinsichtlich der quantitativen Wirkung der übrigen Stickstoffdünger bestellt, da dieselbe von mannigfachen Nebenumständen abhängig ist.

Der Stickstoff ist in Bezug auf die Düngung der wertvollste Nährstoff. Durch Berechnung läßt sich zeigen, daß ohne Stickstoffdüngung rationell nicht gewirtschaftet werden kann, und die praktische Erfahrung hat gelehrt, daß die weitaus meisten aller Böden ausgesprochen stickstoffbedürftig sind.*) Das Nährstoff- und Düngungsbedürfnis der verschiedenen Kulturpflanzen für Stickstoff ist verschieden,**) aber alle sind, wenn wir von den Leguminosen absehen, hinsichtlich ihrer Stickstoffernährung auf den im Boden resp. Dünger enthaltenen Stickstoff angewiesen.

Der Stickstoff ist in den verschiedenen Handelsdüngemitteln bekanntlich in verschiedener Form enthalten. Teils als Salpeter-Stickstoff, wie im Chilisalpeter, teils als Ammoniak-Stickstoff, wie im schwefelsauren Ammoniak, teils als organischer Stickstoff, wie im Peruguano, Blutmehl, Knochenmehl 2c.

Der Nähreffekt dieser Stickstoffformen ist ein durchaus ungleicher. Wir werden später an der Hand von Beispielen zeigen können, daß der Salpeterstickstoff den größten Wirkungswert besitzt und daß sodann der Ammoniak-Stickstoff und schließlich die verschiedenen Formen des organischen Stickstoffs folgen.

Daß der Salpeter-Stickstoff hinsichtlich des Nährwertes obenan steht, ist leichtverständlich, wenn wir uns der experimentell sicher festgestellten Thatsache erinnern, daß für die höheren Gewächse im allgemeinen die Nitrate diejenige Stickstoffnahrung sind, die ihnen am besten zusagt und bei deren Darbietung sie am besten gedeihen. Wenn nun aber die Nitrate diejenige Verbindungsform darstellen, welche für die Stickstoffernährung der höheren Kulturgewächse die geeignetste ist, so wird der Wirkungswert der übrigen Stickstoffverbindungen offenbar abhängig sein müssen von der Art ihrer Nitrifizierung. Je energischer und je vollständiger ihre Umwandlung in Nitrate erfolgt, umso schneller und besser werden sie, wenn wir von Einflüssen nebensächlicher Art absehen, von den Pflanzen aufgenommen und verarbeitet werden können. Die Nitrifikation***) der im Boden vorhandenen oder demselben zugeführten

---

*) Siehe Seite 28 u. 29.

**) Siehe Seite 34.

***) Es dürfte bekannt sein, daß sowohl die Ammoniumverbindungen, als auch die amidartigen Stickstoffverbindungen und die Eiweißstoffe, wie überhaupt alle organischen Körper, in dem durchlüfteten Boden Veränderungen unterliegen, die durch Mikroorganismen

stickstoffhaltigen Verbindungen verläuft nun aber in der Weise, daß das Ammoniak direkt, die übrigen organischen Stickstoffverbindungen erst nach ihrer Umwandlung in Ammoniak, nitrifikationsfähig sind.

Wenn wir dieses Umstandes gedenken, so werden wir darin unschwer eine Erklärung für den oben erwähnten verschiedenen Wirkungswert der verschiedenen Stickstoffformen erkennen können.

Die verschiedenen organischen Stickstoffverbindungen verhalten sich bezüglich ihres Düngewertes untereinander wiederum je nach ihrer Zersetzungsfähigkeit sehr verschieden.

Turen, sowie Müntz und Girard haben u. A. Versuche über die Schnelligkeit der Umwandlung verschiedener Stickstoffformen im Boden angestellt. Die letztgenannten Forscher haben gefunden, daß das Ammoniumsulfat schneller nitrificiert wird, als die organischen Düngemittel. Von diesen wurden die Stickstoffverbindungen des Guanos und Fledermausguanos, die dem Ammoniakstickstoff sehr nahe stehen, am leichtesten in Salpeter umgewandelt. Darauf folgte der Stickstoff in Form von Gründüngungspflanzen, wie Lupine und Luzerne, dann von getrocknetem Blut, getrocknetem Fleisch, Horndrehspänen, gedörrtem Horn, Poudrette, gedörrtem Leder und schließlich von Lederschnitzeln.

Im übrigen hängt die Umsetzungsgeschwindigkeit sehr von äußeren Bedingungen ab. Sie erfolgt z. B. in einem lockeren Sandboden schneller als in einem dichten Lehmboden, in einem kalkreichen Boden leichter als in einem kalkarmen 2c.

Mit dieser Rangordnung harmoniert im allgemeinen der Wirkungswert, welchen die verschiedenen Stickstoffdünger nach Vegetationsversuchen besitzen.

Setzt man den Düngewert des Salpeterstickstoffs = 100, so hat der Stickstoff in den übrigen Düngemitteln den folgenden ungefähren Wert:

		Nach Wagner	Nach Pfeiffer
Stickstoff in Form von	salpetersaurem Natron	= 100	100
„ „ „ „	schwefelsaurem Ammoniak	= 88	87
„ „ „ „	unaufgeschlossenem Peruguano . .	= 80	—
„ „ „ „	Blutmehl	= 69	85
„ „ „ „	Ricinusmehl	= 67	—
„ „ „ „	Fleischknochendünger	= —	66
„ „ „ „	Hornmehl	= 63	83—84
„ „ „ „	Fischguano	= 64	—
„ „ „ „	gedämpftem Knochenmehl	= 61	—
„ „ „ „	Fleischmehl	= 54	—
„ „ „ „	Wollstaub	= 33	—
„ „ „ „	Ledermehl	= 20	—

Wir werden auf diese Zahlen bei der Besprechung der einzelnen Düngemittel zurückkommen.

Die Menge der zur Düngung anzuwendenden stickstoffhaltigen Düngemittel läßt sich natürlich allgemein nicht beantworten.

---

verursacht werden und mit Oxydationserscheinungen verbunden sind. Bei der Oxydation des Eiweißes (Verwesung, Siehe Seite 66) entsteht, um dieses kurz anzudeuten, neben Kohlensäure, Schwefelsäure und Wasser zunächst Ammoniak. Das Ammoniak wird sodann unter dem Einfluß von gewissen Bakterien (den Nitrosobakterien) zu salpetriger Säure ($NH_3 + O_3 = HNO_2 + H_2O$) oxydiert. Die salpetrige Säure wird unter Mitwirkung der Nitrosobakterien weiter in Salpetersäure ($HNO_2 + O = HNO_3$) übergeführt. Diesen Prozeß bezeichnet man mit Nitrifikation.

Denn da, wie wir gesehen, der Wirkungswert der verschiedenen Stickstoffdünger an sich und unter verschiedenen Verhältnissen verschieden ist und der Stickstoff gerade in derjenigen Form, in welcher er von den Pflanzen am besten assimiliert und verwertet, wird von dem Boden wenig absorbiert und daher leicht ausgewaschen wird, so ist eine Überschuß-Düngung, die für die übrigen Pflanzennährstoffe, welche vom Boden gebunden werden, mit wesentlichen Verlusten nicht verknüpft und darum angebracht ist, für den wertvollen Stickstoff nicht angezeigt. Die Art des Düngemittels, das Düngungsbedürfnis der Pflanzen und des Bodens und andere in Betracht kommende Umstände sind vielmehr bei der Düngung mit Stickstoff aufs sorgfältigste zu berücksichtigen. Vor allem ist auch darauf zu achten, daß für eine gute Ausnutzung des Stickstoffs die Anwesenheit genügender Mengen der übrigen Nährstoffe unbedingt erforderlich ist.

Der Stickstoff ist gleichsam als Wachstumsregulator zu betrachten.*)

Der Salpeter.

Eigenschaften, Vorkommen und Gewinnung. Von den salpetersauren Salzen kommt zu Düngungszwecken z. Z. lediglich das salpetersaure Natrium ($NaNO_3$) in Betracht. Der Natron-Salpeter des Handels, bekannter unter dem Namen Chilisalpeter,**) stellt ein mehr oder weniger schmutzig weißes Salz dar, welches in Wasser leicht löslich ist. Es enthält neben einem Gehalt von circa 94 bis 97 % salpetersaurem Natron (entsprechend $15,_{50}$ bis $16,_{00}$ % N) verschieden große Mengen von Chlornatrium, schwefelsaurem Natrium und Kalium, Magnesiasalzen, Sand und anderen Stoffen. Der Wassergehalt des normalen Salpeters beträgt 1 bis 3 %. Der Chilisalpeter ist ein hygroskopisches Salz, d. h., er zieht aus der Luft Feuchtigkeit an. Aus diesem Grunde ist es auch nicht ratsam, den Salpeter in feuchten Räumen aufzubewahren. Häufig gelangt der Salpeter in sehr grobem Zustande in die Hände der Konsumenten. Es ist sehr zu empfehlen, einen solchen Salpeter vor seiner Verwendung zu zerkleinern, wozu sich die kürzlich in den Handel gekommenen Düngermühlen vorzüglich eignen.

Auf eine Eigenschaft des Salpeters ist noch hinzuweisen: nämlich auf sein Verhalten im Boden. Der Salpeter wird nicht vom Boden absorbiert, d. h., er bleibt im Boden frei beweglich und wird nicht durch chemische oder physikalische Kräfte gebunden. Der hierdurch mitbedingten schnellen Wirksamkeit steht als Nachteil der Umstand gegenüber, daß der Salpeter unter Umständen leicht durch die atmosphärischen Niederschläge ausgewaschen wird und dadurch nicht zur vollen Ausnutzung gelangen kann. Auf diese Eigenschaft des Salpeters muß der Landwirt bei seiner Anwendung in zweckentsprechender Weise Bedacht nehmen. Wie dieses geschehen kann, werden wir an späterer Stelle darlegen.

Bei der so außerordentlich wichtigen Stellung, die der Salpeter unter den übrigen Düngemitteln einnimmt, werden einige nähere Angaben über sein Vorkommen, seine Gewinnung 2c. von Interesse sein. Der landwirtschaftliche Sachverständige an

*) Behufs näherer Orientierung über specielle Fragen der Stickstoffdüngung, wollen wir nicht unterlassen auf das vorzügliche Werk Wagner's: Die Stickstoffdüngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu verweisen, dem auch wir in manchen Punkten gefolgt sind.

**) Der Natronsalpeter hat den Namen Chilisalpeter dem Umstande zu verdanken, daß er zuerst über Chili nach Europa gesandt ist. Gefunden wurde er zuerst in Peru.

der Gesandtschaft in Santiago, dessen Bericht wir hier folgen wollen, schreibt über die gegenwärtige Lage der Salpeterindustrie folgendes:

Das Vorkommen des Salpeters in abbauwürdigen Mengen ist in Chile auf die zwischen dem 19. und 26. Breitengrade liegenden Provinzen Tarapacá (Departements Pisagua und Tarapacá) und Antofagasta (Departements Tocopilla, Antofagasta und Taltal) beschränkt, woselbst er sich ausschließlich in den östlichen Abhängen der Küstenkordillere in einer nur wenig, etwa 3 km breiten, gegen 1000 m über dem Meere liegenden, völlig regen- und vegetationslosen Zone vorfindet. Weitaus die meisten oficinas (Salpeterwerke), nämlich $87{,}_3$ %, weist Tarapacá auf. Die geologische Schichtung der salpeterführenden Zone ist überall die gleiche. Den obersten Teil bildet die sogenannte chuca, eine sehr lockere Schicht, die aus einer Mischung von schwefelsauren Salzen (Kalk, Magnesia und Natron) und Kochsalz besteht. Auf sie folgt die costra, eine in ihrer Zusammensetzung, Härte, und insbesondere in ihrer Mächtigkeit sehr wechselnde Schicht, die zusammengesetzt ist aus einer Mischung von Feldspat und ähnlichen Gesteinen, oder deren sandigen und thonigen Zerfallsgebilden mit schwefelsauren Salzen (Kalk, Magnesia, Natron und Kali) und Kochsalz. Die darauf folgende salpeterführende Schicht wird caliche genannt. Sie enthält außer dem salpetersauren Natron Kochsalz in großen Mengen und in kleineren hauptsächlich erdige Stoffe, schwefelsaure Salze, Jod, Brom und manchmal auch salpetersaures Kali. Letzteres findet sich in verhältnismäßig größeren Mengen, aber doch immer nur 1 bis 2 $^1/_2$ % der Masse bildend, in dem sogenannten caliche macizo, einem caliche von dichterem Gefüge und größerer Härte, als die von ihm als caliche poroso unterschiedene lockere caliche-Art, in der das salpetersaure Kali nur in $^0/_0$-Bruchteilen vorkommt. Außerdem findet sich das Kali im caliche in seiner Verbindung mit Überchlorsäure, über die weiterhin noch ausführlicher zu berichten sein wird. Der Reichtum des caliche an Salpeter, die „ley" desselben, ist sehr wechselnd. Während die besten caliches 50 bis 60 %, in Ausnahmefällen sogar bis 80 % Salpeter aufweisen, haben die ärmsten der einen Gewinnung überhaupt noch für würdig befundenen caliches nur einen Gehalt von 18 bis 20 % an salpetersauren Salzen. Die Mächtigkeit der caliche-Schicht steigt von einigen Zentimetern bis zu 2 m, beträgt aber in den meisten Fällen wohl 40 bis 80 cm. Der caliche ist meistens durch seine helle, oft schneeweiße Grundfarbe, die hin und wieder durch Beimischungen färbender, wahrscheinlich metallischer Stoffe. wie Chrom, bunte Streifungen erhält, sowie durch sein krystallinisches Aussehen von der darüber liegenden costra leicht zu unterscheiden. Das unterste Ende des caliche ist meist so wenig salpeterhaltig, daß seine Ausbeute nicht lohnt. Dieser meist nur einige Zentimeter breite Rand heißt congelo. Das Ende des salpeterhaltigen Gesteins wird gekennzeichnet durch das Auftreten der coba, einer lockeren, aus verschiedenen, meist schwefelsauren Salzen und erdigen Stoffen bestehenden Schicht, die merkwürdigerweise meist ziemlich feucht ist.

Über die Entstehung dieser mächtigen Salzlager, insbesondere des auf organischen Ursprung weisenden Salpeters, hat man noch keine allgemein befriedigende Erklärung geben können. Am wahrscheinlichsten erscheint wohl, daß die Salze Ablagerungen aus einem ehemaligen, die Stelle der jetzigen pampa einnehmenden Meere sind, und daß die Salpetersalze aus der Zersetzung riesiger Massen von Seetang — wie sie noch jetzt im sogenannten Sargossameer im Atlantischen Ozean sich finden — entstanden sind, die vom Winde oder von Strömungen an dem Westrande jenes Meeres

angehäuft worden sind. Das Vorkommen von Jod in diesen Salpeterlagern ist dieser Ansicht sehr günstig, da das Jod sich vorzugsweise in Meerespflanzen findet.

Die Förderung des Salpeters:

Der caliche wird gegenwärtig nur oberirdisch unter Zuhilfenahme von Dynamit und Pulver abgebaut und in handlichen Stücken zur Fabrik befördert.

Die Trennung des Salpeters von den übrigen Bestandteilen des caliche, insbesondere von dem in größerer Menge vorhandenen Kochsalz, erfolgt durch Auskochung und Absetzenlassen des gelösten Salpeters, von welchem sich bei hohen Wärmegraden eine ungleich größere Menge löst als vom Kochsalze. Die Auskochung geht jetzt in großen Kesseln (cachuchos) vor sich, in denen die Auflösungsflüssigkeit durch Dampfschlangen erhitzt wird. Bevor der caliche jedoch in die Kessel gelangt, wird er in Zerkleinerungsmaschinen (ascendradoras), in etwa hühnerei-große Stücke zertrümmert. Aus den Zerkleinerungsmaschinen fällt der caliche in darunterstehende Karren, die auf Schienen laufend an den in gleicher Höhe befindlichen oberen Rand der Kochkessel geschoben und dort durch Öffnung beweglicher Bodenklappen in die Kessel entleert werden. Mehrere Kessel stehen stets so mit einander in Verbindung, daß ihr flüssiger Inhalt durch einfache Vorrichtungen aus dem einen in den anderen geleitet werden kann. Zur Auflösung werden anfangs bereits benutzte Lösungsflüssigkeiten angewandt, und zwar werden nach und nach immer schwächere Laugen einem Kessel zugeführt, bis schließlich die letzte Auskochung mit reinem Brunnenwasser vor sich geht. Solches zu beschaffen, macht oft große Schwierigkeiten. In Antofagasta z. B. ist in der Salpeterwüste gar kein Wasser zu erbohren, sodaß die Salpetergräbereien dort ihre caliches auf der Eisenbahn nach der Küstenstadt Antofagasta senden, wo sie mit einem aus großer Entfernung hergeleiteten Wasser behandelt werden, und in Taltal muß das Wasser aus dem Andengebirge in Röhrenleitungen nach den Fabriken geschafft werden. Das in der Wüste selbst gewonnene Wasser ist meistens so salzhaltig, daß es vor seiner Verwendung gereinigt werden muß, was durch gebrannten Kalk und Soda geschieht, welch beide Stoffe man gleichfalls in den officinas herstellt.

Schon aus diesem vorhandenen Wassermangel kann man also auf die Schwierigkeiten schließen, welche mit der Förderung bezw. Gewinnung des Salpeters verknüpft sind. Hat nun die Kochflüssigkeit in den sog. cachuchos eine bestimmte Dichte erlangt, so wird sie durch ein Rohr abgelassen. Die abgelassene Lösungsflüssigkeit läuft in den meisten Fabriken zunächst in die chulladores, offene Gefäße, in denen man 15 bis 30 Minuten lang den in der Flüssigkeit enthaltenen Schlamm, sowie einen Teil des aufgelösten Salzes sich setzen läßt; je länger dies geschieht, desto mehr wird die Lauge von dem in kälterem Wasser ausfallenden Salze befreit, und desto weniger Salz setzt sich daher später zusammen mit dem Salpeter ab. Je nachdem man nun einen der 3 im Handel üblichen Sorten Salpeter herstellen will, nämlich

1) Salpeter von 95 % Gehalt mit einer erlaubten Salzbeimischung von höchstens 4 %,
2) solchen von 96 % Gehalt mit höchstens 1 ¹/₄ % Salz,
3) solchen von 96 % Gehalt mit höchstens 1 % Salz,

läßt man dieses chullieren längere oder kürzere Zeit dauern, wobei zu bemerken ist, daß man selbst bei erstgenannter Sorte meist unter 2 und nie über 2 % Salz sich dem Salpeter beimischen läßt.

Aus den chulladores wird die Flüssigkeit in die sogenannten bateas geleitet, offene

Pfannen, von denen mehrere Reihen, unter einander durch offene Kanäle verbunden, auf etwa 2 m hohen Gerüsten aufgestellt sind. In diese bateas setzt sich der größte Teil des aufgelösten Salpeters bei dem Erkalten der Flüssigkeit ab, da ja kaltes Wasser eine ungleich geringere Menge Salpeter löst als heißes, während der größte Teil der übrigen Salze, insbesondere des Kochsalzes, gelöst bleibt. Nach 3 bis 4 Tagen wird die Lauge (agua vieja) abgelassen und der zurückbleibende Salpeter zunächst auf eine Seite der stets etwas schräg stehenden bateas geschaufelt, damit aus diesem Haufen noch möglichst viele Lauge abfließt. Der halbtrockene Salpeter wird sodann auf die Trockenplätze (chanchas) geschaufelt, die sich entweder direkt neben den bateas oder unter denselben, zwischen den Pfosten der Gerüste, befinden. Von dort wird er — nach mehrmaliger Umschaufelung — eingesackt und direkt in die Eisenbahnwagen verladen.

Wirkung und Anwendung: Der Salpeter ist, wie gesagt, das wirksamste stickstoffhaltige Düngemittel.*) Das wirksamste deshalb, weil es den Stickstoff in leicht löslicher und von den Pflanzen direkt aufnehmbarer Form enthält. Die Wirksamkeit eines Düngemittels läßt sich am besten messen an seiner Ausnutzung, d. h., an der Nährstoffmenge, welche aus ihm von den Pflanzen aufgenommen wird. Wir wollen sehen, wie es damit bezüglich des Salpeterstickstoffs bestellt ist.

Wagner fand, daß von je 100 Teilen in der Düngung gegebenen Salpeterstickstoffs im Durchschnitt folgende Menge in den Ernten nachstehender Pflanzen wiedergefunden wurden:

Senf und Rübsen	55 Teile
Gerste, Sommerweizen und Sommerroggen	60 „
Lein und Hafer	75 „
Möhren und Kartoffeln	90 „

Das heißt also mit anderen Worten, daß die genannten Pflanzen die angegebenen Mengen zur Produktion von Erntesubstanz verarbeiten können, wenn eben kein Verlust an Stickstoff durch Regen eintritt.

Wenn man das unter einander differierende Ausnutzungsvermögen der einzelnen Pflanzen außer Acht läßt, so kann man im großen Durchschnitt annehmen, daß der Salpeterstickstoff zu ca. 70 % von den Pflanzen ausgenutzt wird.

Die oben angeführten Durchschnittswerte für die Salpeterstickstoffausnutzung lassen sich nun unter gleichzeitiger Zugrundelegung des Durchschnittsgehaltes der Ernten an Stickstoff dazu benutzen, um zu berechnen, wieviel Chilisalpeter zur Produktion bestimmter Ertragserhöhungen notwendig ist. Wagner hat diese Rechnung für die verschiedenen Kulturpflanzen durchgeführt und ist dabei zu folgenden Zahlen gelangt.

Es sind erforderlich zur Produktion von:

	Salpeter-Stickstoff		Chilisalpeter
100 kg Haferkörner mit entsprechendem Stroh	3,7 kg	=	24 kg
100 „ Weizenkörner „ „ „	5,0 „	=	32 „
100 „ Roggenkörner „ „ „	5,0 „	=	32 „
100 „ Gerstekörner „ „ „	3,9 „	=	25 „
100 „ Rübsenkörner „ „ „	8,6 „	=	56 „

*) Die Frage, ob und inwieweit der Salpeter auch durch sein Gehalt an Natrium wirkt, soll hier nicht näher berücksichtigt werden. Aus den hierüber vorliegenden Untersuchungen scheint aber hervorzugehen, daß das Natron keineswegs wirkungslos ist.

		Salpeter-Stickstoff		Chilisalpeter
1000 kg	Kartoffeln mit entsprechendem Kraut	$4,_3$ kg	=	28 kg
1000 „	Zuckerrüben „ „ Blättern . . .	$2,_4$ „	=	16 „
1000 „	Futterrunkeln „ „ „ . . .	$2,_9$ „	=	19 „
1000 „	Möhren „ „ Kraut	$3,_0$ „	=	19 „

Aus diesen Zahlen berechnet sich weiter, daß je 100 kg Chilisalpeter produzieren können rund:

300 kg	Weizenkörner	mit entsprechendem Stroh
300 kg	Roggenkörner	„ „ „
400 kg	Gerstekörner	„ „ „
400 kg	Haferkörner	„ „ „
180 kg	Rübsenkörner	„ „ „
3600 kg	Kartoffeln	„ „ Kraut
6400 kg	Zuckerrüben	„ „ Blättern
5500 kg	Futterrunkeln	„ „ „
5300 kg	Möhren	„ „ Kraut

Diese Zahlen können dem Landwirte einen guten Anhaltspunkt für die Bemessung seiner Düngung geben.

Es ist dabei natürlich zu bedenken, daß eine Ertragserhöhung in der angegebenen Größe, selbstverständlich nur bis zu einer gewissen Grenze, nämlich bis zu dem unter den jeweils vorhandenen, natürlichen Fruchtbarkeitsbedingungen, den klimatischen und Bodenverhältnissen, überhaupt erreichbaren Maximalertrag eintreten kann.

Ein zweiter Punkt ist ferner zur Erreichung obiger Mehrerträge von größter Wichtigkeit, nämlich der, daß es den Pflanzen an den übrigen Nährstoffen, so an Phosphorsäure, Kali und Kalk und auch an Feuchtigkeit nicht mangelt, und daß der Chilisalpeter zur rechten Zeit und in richtiger Weise angewandt wird.

Je günstiger der Landwirt die allgemeinen Wachstumsbedingungen für die Pflanzen zu gestalten vermag, um so größer werden die durch je 100 Kilo Chilisalpeter erzielbaren Mehrerträge sein.

„Je weniger die Pflanzen nach Phosphorsäure und Kali hungern, je weniger sie zugleich nach Wasser dürsten und je weniger sich die Stärke der Salpeterdüngung einem von der Pflanze nicht mehr vollständig zu verarbeitenden Übermaß an Stickstoff nähert, um so größer sind die durch die Salpeterdüngung zu erzielenden Mehrerträge.“ So äußert sich Wagner über diese Frage.

Die Stärke der Salpeterdüngung richtig zu bemessen und die Salpeterdüngung richtig auszuführen, ist von großer Wichtigkeit in Anbetracht des Wertes und der Wirkung des Chilisalpeters.

Wir haben auf diesen Punkt bereits am Schlusse der allgemeinen Betrachtungen über die Stickstoffdüngung kurz hingewiesen. In Ergänzung und zur Bestätigung dieser Darlegungen wollen wir hier noch kennen lernen wie Wagner, der ja bekanntlich gerade die Stickstoffernährung der Kulturpflanzen zu einem Specialgebiet seiner Untersuchungen gemacht hat über diesen Punkt urteilt:

Der Stickstoff ist — soweit es sich überhaupt um eine Beherrschung der Vegetation durch Nährstoffe handelt — der eigentliche Regulator der Produktionsthätigkeit aller sogenannten Stickstoffzehrer. Die Ernährung dieser Pflanzen, die Zumessung der Nahrungsquantität, ja die eigentliche Kunst ihrer ganzen Düngung spitzt sich zu auf eine rationelle Zuführung und Zumessung von Stickstoff.

Alle übrigen Nährstoffe giebt der Landwirt im Überschuß — den Stickstoff aber mißt er den Pflanzen zu, mit dem Stickstoff füttert er gleichsam seine Pflanzen, reguliert er ihre Produktionsthätigkeit und setzt er die Pflanzen in den Stand, dauernd oder vorübergehend dargebotene günstige Wachstumsverhältnisse — günstige Bodenbeschaffenheit, günstiges Klima, günstige Witterung — voll auszunutzen.

So wichtig es aber ist, die Stickstoffdüngung in rationeller Weise zu betreiben, so schwierig ist es auch, dieser Aufgabe vollkommen gerecht zu werden.

Nur in der Hand des erfahrenen, einsichtsvollen, scharf beobachtenden und kritisch urteilenden Landwirtes kann die Stickstoffdüngung diejenigen Erfolge mit Sicherheit erringen, deren sie fähig ist. Wie stark nun die Stickstoffgabe in jedem einzelnen Falle zu bemessen ist, muß der Landwirt unter sorgsamer Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände, wie der Bodenverhältnisse, des Düngungsbedürfnisses der anzubauenden Pflanzen 2c. selbst entscheiden. Mehr wie ganz allgemeine Normen lassen sich in dieser Beziehung nicht geben.

Am sichersten wird der Landwirt diese Frage auf Grund von Düngungsversuchen lösen können. Die nötigen Anhaltspunkte für die Anstellung derselben haben wir an früherer Stelle (Seite 36 und 37) gegeben.

Es steht dem Landwirt aber auch ein anderer Weg offen, um gute Anhaltspunkte über die Stärke der anzuwendenden Salpeterdüngung zu gewinnen. Zunächst ist es erforderlich, möglichst genau entscheiden zu können, wieviel man von einem bestimmten Acker ohne Stickstoffdüngung zu ernten imstande ist. Sodann muß man die zweite schwierigere Frage zu beantworten suchen bis zu welchem Höchstertrage sich wohl der Ertrag des Bodens unter Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse des Bodens, Klimas und der durchschnittlichen Witterung steigern läßt.

Mit Hilfe der auf Seite 134, 135 angegebenen Zahlen läßt sich sodann berechnen, wieviel Stickstoff anzuwenden ist, um den veranschlagten Ertrag zu erreichen.

Wir wollen die Rechnung an einem Beispiel erläutern. Gesetzt, man hat auf Grund früherer Erfahrungen veranschlagt, daß man von einem Acker ohne Stickstoffdüngung 2500 kg Weizenkörner pro ha ernten kann und glaubt einen Höchstertrag von 4000 kg, also einen Mehrertrag von 1500 kg Weizenkörner erreichen zu können. Es ist also zu berechnen, wieviel Chilisalpeter hierzu notwendig ist. Auf Seite 134 findet sich nun angegeben, daß zur Produktion von 100 kg Weizenkörner mit entsprechendem Stroh 32 kg Chilisalpeter erforderlich sind. Demnach wären zur Produktion von 1500 kg Körner 480 kg Salpeter (natürlich neben den nötigen Mengen von Phosphorsäure und Kali) anzuwenden.

Je besser der Landwirt mit seinen Bodenverhältnissen vertraut ist, je richtiger er die Leistungsfähigkeit seiner Äcker abzuschätzen vermag, um so sicherer wird er auf diesem Wege zum Ziele gelangen.

Der Salpeter ist ein einseitiges und überaus energisch wirkendes Düngemittel und es liegt in der Natur solcher Düngemittel, daß man bezüglich ihrer Anwendung besonders vorsichtig und mit Überlegung zu Werke gehen muß, wenn man nicht ganz andere als die beabsichtigte Wirkung erreichen will.

Man hat dem Chilisalpeter bezüglich seiner Wirkungsweise verschiedene ungünstige Eigenschaften zugeschrieben, die er aber, eine rationelle Anwendung vorausgesetzt, an sich garnicht besitzt und die lediglich eine Folge einer falschen Verwendung sind.

So hat man gesagt, daß der Salpeter als der stärkste Stickstoffdünger dadurch ausgezeichnet sei, daß er viel Stroh und wenig Körner liefere, daß er die Blattent-

wickelung befördere, Lagern bewirke, den Proteïngehalt vermehre, den Reifeprozeß verzögere, zuckerarme Rüben, stärkearme Kartoffeln hervorbringe.

In Ergänzung unserer früheren Ausführungen über einzelne dieser Punkte, wollen wir denselben an dieser Stelle noch einiges hinzufügen. Denken wir uns, um einen Ausgangspunkt für unsere Betrachtungen zu gewinnen, zunächst einmal den Fall, daß auf einem Felde alle Wachstumsfaktoren in günstiger Weise vorhanden sind, und daß sie sich gegenüber dem Stickstoff stets relativ im Maximum befinden. Nach dem Gesetze vom Mininum reguliert also sodann der Stickstoff die Pflanzenproduktion. Unter solchen Verhältnissen, wie sie sich etwa auf einem fruchtbaren, in „alter Kraft" befindlichen Acker finden, entwickeln sich die Pflanzen normal, der Stickstoff wird voll ausgenutzt, und wir ernten eine der verfügbaren Stickstoffmenge entsprechende Pflanzenmasse von normaler Zusammensetzung.

Wenn wir nun aber übermäßig mit Salpeter düngen, so reichen die übrigen Wachstumsfaktoren nicht aus, um den Stickstoff vollständig zu verarbeiten.

Der Stickstoff wird also ungenügend ausgenutzt. Die Folge einer solchen Düngungsweise ist, daß wir einen geringeren, als der gegebenen Salpeterdüngung theoretisch entsprechenden Ertrag ernten. Sobald nun aber überschüssiger Stickstoff vorhanden ist, der zur Bildung neuer Pflanzenmasse nicht mehr Verwendung finden kann, tritt noch ein Weiteres ein.

Der Stickstoffgehalt (Proteïn) der Pflanzen nimmt zu, und der Gehalt an Kohlenhydraten (Stärke, Zucker) und auch an Fett wird herabgedrückt. Es kann eine Verzögerung des Reifungsprozesses eintreten und unter Umständen, die wir noch anführen werden, relativ mehr Stroh als Körner geerntet werden.

Dasselbe kann auch bei an und für sich normaler Salpeterdüngung eintreten, nämlich dann, wenn es an irgend einem anderen Wachstumsfaktor, sei es Wasser, Phosphorsäure, Kali oder Kalk mangelt.

Bei einer normalen Stickstoffernährung, wie sie ein guter, fruchtbarer Boden den Pflanzen bietet, steht der Stickstoff den Pflanzen während der ganzen Vegetationszeit ziemlich gleichmäßig zur Verfügung.

Wenn wir mit Salpeter düngen, so kann je nach seiner Verwendung eine Änderung in der Stickstoffernährung eintreten.

Düngen wir zu Beginn der Vegetation stark mit Salpeter, so befindet sich zeitweise der Stickstoff im relativen Maximum gegenüber den übrigen Wachstumsfaktoren, oder richtiger einer von diesen befindet sich im relativen Minimum und reguliert demnach das Wachstum der Pflanzen. Erst wenn der Stickstoffüberschuß verbraucht ist, wird die Entwickelung der Pflanzen wiederum von dem noch verfügbaren Stickstoffvorrat abhängig.

Wenn nun die Salpetermenge nicht ausreicht um zusammen mit dem Bodenstickstoff die Pflanze während der ganzen Dauer ihrer Vegetation zu ernähren, so ist die Strohproduktion eine relativ größere als die Körnerbildung. Ergänzt man aber die Salpeterdüngung, so wird die Körnerbildung relativ zunehmen.

Hieraus ergiebt sich der Schluß, daß der Landwirt für ausreichende Stickstoffernährung während der ganzen Vegetationszeit Sorge tragen muß, um ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen Körnern und Stroh bei der Ernte zu erzielen.

Trotz reichlicher Stickstoffernährung kann man aber unter Umständen in der Praxis oft mehr Stroh wie Körner ernten, als den normalen Verhältnissen entspricht. Dieses kann eintreten, wenn die durch die Stickstoffdüngung hervorgerufene

üppige Gesamtentwickelung der Pflanzen zur Zeit der Fruchtbildung durch Mangel an einem Vegetationsfaktor, meistens wird es das Wasser sein, oder durch Lagern der Pflanzen in ihrer normalen Weiterentwickelung gestört wird.

Das Lagern der Pflanzen kann durch folgende Umstände veranlaßt werden. Stehen der Pflanze von Anfang an reichliche Mengen Stickstoff zur Verfügung, so bestocken sie sich stark und entwickeln sich üppig. Infolge des üppigen Bestandes kann für die unteren Regionen der Pflanzen Mangel an dem Vegetationsfaktor Licht eintreten. Die unteren Pflanzenteile entwickeln sich demgemäß ungenügend weiter und bleiben schwach und wenig widerstandsfähig gegen Wind und Wetter, so daß eben Lagerung leichter hervorgerufen werden kann. Diesem Umstande muß der Landwirt Rechnung dadurch tragen, daß er bei reichlicher Stickstoffdüngung eine entsprechende Weitsaat bewirkt.

Es dürfte bekannt sein, daß eine starke Anwendung von Salpeter für Rüben eine enge Stellung derselben im Interesse ihres Zuckergehaltes bedingt.

Aus alledem ergiebt sich als Prinzip für die Stickstoffdüngung der Halmgewächse, den Pflanzen vor Abschluß der Bestockung nur soviel Stickstoff zur Verfügung zu stellen, als zur Erzielung einer kräftigen Bestockung notwendig ist. Nach der Bestockung gebe man alsdann genügend Stickstoff, um eine reichliche Ausbildung der Halme und Körner zu gewährleisten.

Was nun die Behauptung anlangt, daß die Salpeterdüngung eine reifeverzögernde Wirkung ausübe, so liegen hinsichtlich dieses Punktes die Verhältnisse so: wird die Salpeterdüngung so stark bemessen oder so spät gegeben, daß ein relativ großer Stickstoff-Ueberschuß im Boden bleibt, so entsteht Reifeverzögerung. Wird dagegen eine mäßige Salpeterdüngung früh den Pflanzen zu Gebote gestellt, so kann sogar eine Beschleunigung des Reifungsprozesses eintreten.

Eine Salpeterdüngung soll, so hat man behauptet, den Boden ausrauben und erschöpfen, sowie eine Luxuskonsumtion von Phosphorsäure und Kali veranlassen. Demgegenüber ist zu bemerken, daß durch Versuche von Heiden, sowie von Fiedler nachgewiesen ist, daß der Salpeter an sich nur in geringem Maße lösend auf die Bodenbestandteile einwirkt. Auch eine Luxuskonsumtion von Phosphorsäure und Kali durch die Pflanzen tritt in Folge einer Salpeterdüngung nicht ein, wie exakte Versuche gelehrt haben.

Selbstverständlich aber ist es, daß dem Boden infolge einer Salpeterdüngung durch die vermehrten Ernteerträge absolut größere Mengen aller Nährstoffe entzogen werden und daß daher auf einen erhöhten Wiederersatz derselben Rücksicht genommen werden muß.

Wegen des Umstandes jedoch, daß durch eine Salpeterdüngung größere Mengen Nährstoffe in Pflanzensubstanz übergeführt werden von einer Ausraubung und Erschöpfung des Bodens zu reden, dürfte nicht zutreffend sein und einer Verkennung des Zweckes einer Düngung gleichkommen.

Der Salpeter wird, so haben wir bereits erwähnt, von dem Boden nicht absorbiert, er bleibt vielmehr im Boden freibeweglich und folgt den Bewegungen der Bodenfeuchtigkeit. Diese Eigenschaft hat man bei seiner Anwendung zu berücksichtigen.

Wenn nun auch die Gefahr der Auswaschung des Salpeters früher vielfach überschätzt ist, so darf man dieselbe doch auch nicht unterschätzen. Je leichter der Boden, um so mehr wird man sie in's Auge fassen müssen.

Das leichte Versickern des Salpeters in den Untergrund kann unter Umständen auch von Vorteil für die Vegetation sein. Es ist nämlich beobachtet, daß die Pflanzenwurzeln nach einer Düngung mit Salpeter oft viel tiefer in den Untergrund eindringen, als es sonst der Fall ist, und wir haben bei der Besprechung der Gründüngung bereits darauf hingewiesen, von welchem Vorteil dieses für die Wasserversorgung der Pflanzen ist.

Es hat sich als rationell erwiesen, von einer Anwendung des Salpeters im Herbste am besten ganz Abstand zu nehmen, oder doch jedenfalls die Herbstsaaten nur mit soviel Salpeter zu düngen, als sie noch vor dem Aufhören der Vegetation zu verarbeiten vermögen.

Auch dürfte es in den meisten Fällen empfehlenswert sein, im Frühjahr nicht sämtlichen zur Düngung bestimmten Salpeter auf einmal zu verabfolgen, sondern denselben portionsweise auf's Feld zu bringen.

Da der Salpeter ätzend wirkt, muß man es vermeiden, stark betaute Saaten mit Salpeter zu bestreuen.

Auf eine Nachwirkung des Salpeters ist, wie aus obigen Darlegungen hervorgehen dürfte, nicht zu rechnen. Der Salpeter wirkt rasch und energisch, aber seine Wirkungsdauer ist nur eine kurze.

In physikalischer Beziehung übt der Salpeter keinen günstigen Einfluß auf den Boden aus. Der Chilesalpeter bindet den Boden ab, sagt der Landwirt, d. h. er erzeugt auf demselben eine zusammenhängende, harte Kruste, welche die so wichtige Durchlüftung des Bodens sehr beeinträchtigt. Diesem schädlichen, mechanischen Einfluß muß der Landwirt durch Verwendung der Hacke, oder gegebenfalls auch durch Kalken des Bodens entgegenwirken.

In noch anderer Weise beeinflußt der Salpeter den Boden, nämlich insofern, als er die Eigenschaft besitzt, die Feuchtigkeit im Boden festzuhalten. Je nachdem der Boden von Natur aus trocken oder feucht ist, äußert sich die Wirkung dieser Eigenschaft natürlich in entgegengesetzter Richtung.

Zwei Punkte, die mit der Salpeterdüngung auf's Engste zusammenhängen, haben in neuerer Zeit viel Staub aufgewirbelt und eine gewisse Beunruhigung in die landwirtschaftlichen Kreise hineingetragen. Einmal war es die Sorge vor der Denitrifikation, d. h. die Zerstörung des Salpeters im Boden durch die Thätigkeit der Mikroorganismen, und sodann fürchtete man die schädigende Wirkung, den der Salpeter durch einen Gehalt an Perchlorat auf die Pflanzenentwickelung ausüben kann. Die Denitrifikationsfrage haben wir bereits an früherer Stelle erörtert, und es erübrigt den zweiten Punkt kurz zu besprechen.

Hinsichtlich des Vorkommens des Perchlorats (überchlorsaures Kalium $KClO_4$) im Chilisalpeter ist zu berichten, daß es besonders im Jahre 1897 in größeren Mengen (bis ca. 6%) im Salpeter angetroffen wurde, während es früher nur in nicht beachtenswerten Mengen in demselben enthalten war. Diese plötzliche Änderung des Gehaltes des Salpeters an Perchlorat ist nach fachmännischer Ansicht wahrscheinlich auf folgenden Umstand zurückzuführen. Die warme salpeterhaltige Lauge, die durch Auslaugen des Caliche gewonnen wird, wurde früher, ehe sie in den Krystallisierraum gelangte, in einem Vorkühler der Abkühlung überlassen. Hierbei hat sich wahrscheinlich etwa vorhandenes überchlorsaures Kali als schwer löslich abgesetzt. Man ist dann von diesem Verfahren, vielleicht um den Betrieb zu beschleunigen, abgegangen, und brachte die Lauge direkt in den Krystallisierraum, sodaß das darin

etwa vorhandene Perchlorat jetzt in höherem Grade in den Salpeter gelangen konnte.

Eine geringe Verunreinigung des Salpeters mit Perchlorat ist nicht zu vermeiden und auch gänzlich unschädlich; sowie aber der Gehalt eine bestimmte Grenze übersteigt, beginnt das Perchlorat seine schädlichen Wirkungen auf den Pflanzenwuchs zu äußern. Die durch Perchlorat hervorgerufenen Krankheitserscheinungen sind sehr charakteristisch und äußern sich in extremen Fällen so, daß einige Wochen nach der Düngung die anfangs dunkelgrünen Pflanzen ein verbranntes Aussehen zeigen, die Stengel kriechend werden und sich bei vielen Pflanzen schraubenförmig, oder knieförmig biegen. In anderen Fällen bleiben Stengel und Ähren beträchtlich kürzer als bei normalen Pflanzen. Die Samenbildung ist unvollkommen und die Körner bleiben klein. Sjollema in Groningen hat zuerst die Ursache dieser verheerenden Wirkung des Salpeters erkannt.

Das Perchlorat wirkt auch auf verschiedene Pflanzen verschieden giftig. Am empfindlichsten ist der Roggen gegen das Perchlorat. Die Hackfrüchte sind nicht so sehr der Gefahr einer Perchlorat-Vergiftung ausgesetzt.

Nach dem heutigen Stande der diesbezüglichen Beobachtungen müssen Salpeter schon mit einem Gehalt von 1% Perchlorat unbedingt als gefährlich und bedenklich angesehen werden, namentlich in ihrer Anwendung zu Roggen, Gerste, Weizen und auch Hafer. Im sauren Moorboden, namentlich zu Roggen, ist Salpeter schon mit ½% Perchlorat als gefährlich zu bezeichnen.

Nachdem man die Ursachen der oft schädlichen Wirkungen des Salpeters erkannt hat, ist man natürlich darauf bedacht gewesen, dieselben durch möglichste Ausscheidung des Perchlorates zu beseitigen.

Die Ausfuhrhändler in Chile sind übereingekommen, sämtlichen auszuführenden Salpeter auf seinen Gehalt an Perchlorat untersuchen zu lassen und Salpeter mit über 1% Perchlorat nicht mehr in den Handel zu bringen.

Dennoch wird der Landwirt sich am besten vor Nachteilen dadurch schützen, daß er seinen Salpeter vor der Anwendung auf etwaige schädliche Bestandteile von einer Versuchsstation prüfen läßt.

Der Chilesalpeter hat heute, wie genugsam bekannt ist, eine große Bedeutung für die deutsche Landwirtschaft erlangt. Millionen von Centnern werden alljährlich in Deutschland verbraucht.

Es dürfte daher von Interesse sein, einen Ueberblick über Deutschlands Konsum an Salpeter zu gewinnen.

Derselbe betrug

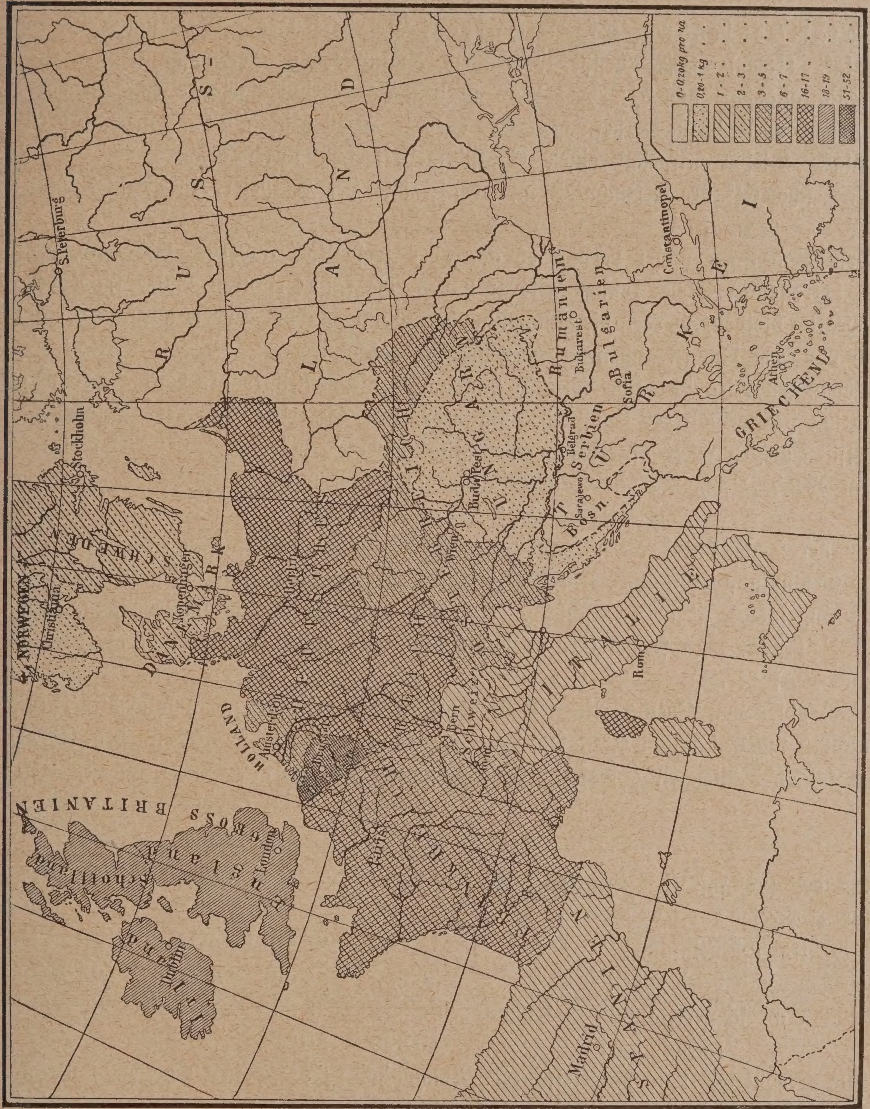
im Jahre	1865	circa	10 000	Tonnen à 1000 Ko.
	1882	„	127 000	„ „ „ „
	1887	„	195 000	„ „ „ „
	1892	„	370 000	„ „ „ „
	1897	„	510 000	„ „ „ „
	1898	„	394 000	„ „ „ „
	1899	„	497 000	„ „ „ „

Also etwa 10 Millionen Centner Salpeter werden in Deutschland alljährlich verbraucht.

Deutschland steht aber in dieser Beziehung durchaus nicht, wie man wohl glauben möchte an der Spitze aller europäischen Länder, wenigstens dann nicht, wenn man

den relativen Verbrauch, d. h. den Verbrauch pro Hektar Produktionsfläche nach Abzug von Wiesen, Weide und Wald in Vergleich stellt.

Die nachstehende Karte von Dr. Weitz giebt uns hierüber einen interessanten Überblick.



Chilesalpeterverbrauch pro Hektar der europäischen Länder im Jahre 1895.
Nach einer chromographischen Karte von Dr. Weitz.

Sie zeigt uns, daß Deutschland, mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 16,92 Ko. Salpeter pro ha hinter Belgien, Großbritannien und Irland zurücksteht. Aus mancherlei Gründen läßt sich unschwer herleiten, daß der Verbrauch an Stickstoff und damit von Salpeter in Deutschland sich von Jahr zu Jahr steigern wird.

Wenn es nun aber wahr ist, daß, wie von sachverständiger Seite versichert wird, die Salpeterlager in etwa 24 bis 40 Jahren erschöpft sein werden, so liegt darin eine ernste Mahnung an die Landwirtschaft, einmal den Salpeter seinem hohen

Werte gemäß möglichst rationell anzuwenden, andererseits aber auch sich der rationellen Benutzung der übrigen Stickstoffquellen nicht zu entwöhnen.

Das schwefelsaure Ammoniak.

Zusammensetzung, Eigenschaften, Gewinnung. Das schwefelsaure Ammoniak, $(NH_4)_2\ SO_4$, besitzt in reinem Zustande eine reinweiße Farbe und einen Stickstoffgehalt von 21,21%. Das in dem Handel vorkommende Salz ist aber immer mehr oder weniger gefärbt. Es enthält gewöhnlich 95% schwefelsaures Ammoniak. Dieses entspricht einem Stickstoffgehalt von über 20%.

Das schwefelsaure Ammoniak ist, ebenso wie der Salpeter, in Wasser leicht löslich.

Dem Boden gegenüber verhält es sich aber wesentlich anders. Während, wie wir an betreffender Stelle kennen gelernt haben, die salpetersauren Salze im Boden frei beweglich bleiben, werden die Ammoniumverbindungen vom Boden absorbiert und dadurch vor dem Ausgewaschenwerden wesentlich geschützt.

Gewonnen wird das schwefelsaure Ammoniak als Nebenprodukt bei der trockenen Destillation stickstoffhaltiger Stoffe des Pflanzen- und Tierreiches, so der Steinkohlen (den fossilen Resten einer untergegangenen Pflanzenwelt), indem das bei diesem Prozesse entstehende Ammoniak in Schwefelsäure eingeleitet wird.

$$2\,NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2\,SO_4.$$

In der Technik sind es fast ausschließlich die Gasanstalten und Kokereien, die auf die Gewinnung von schwefelsaurem Ammoniak eingerichtet sind. Die Herstellung dieses Düngesalzes ist in Deutschland erfreulicherweise im Wachstum begriffen. In neuerer Zeit stellt man schwefelsaures Ammoniak nach einem patentierten Verfahren auch aus Torf her.

Nach einer von Koenig mitgeteilten Statistik der deutschen Ammoniak-Verkaufs-Vereinigung wurden aus den Gasen der Gasanstalten und Kokereien in den letzten Jahren folgende Mengen schwefelsaures Ammoniak hergestellt:

	1895	1896	1897	1898 (voraussichtlich)
	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1) Aus den Gasanstalten Deutschlands:	12000	14000	16000	16000
2) Aus Kokereien:				
a) in Westfalen-Rheinland:	12000	25000	35000	42000
b) in Ober- und Niederschlesien:	30000	36000	39000	40000
Summa an schwefelsaurem Ammoniak:	54000	75000	90000	98000
„ „ Stickstoff darin:	10800	15000	18000	19600

Die Produktion von schwefelsaurem Ammoniak läßt sich, wie hierzu erwähnt sein mag, übrigens in Deutschland noch beträchtlich steigern.

Bei der zunehmenden Erkenntnis der Bedeutung einer Stickstoffdüngung für den Pflanzenbau und dem damit verknüpften Verbrauch stickstoffhaltiger Düngemittel ist es sehr zu wünschen und mit allen Kräften zu erstreben, die in Deutschland selbst vorhandenen Stickstoffquellen soweit als möglich zu erschließen und zu benutzen.

Gemäß seiner Gewinnungsweise kann das schwefelsaure Ammoniak neben anderen unschädlichen Bestandteilen unter Umständen Rhodanverbindungen enthalten, die in hohem Grade schädlich auf das Pflanzenwachstum einwirken. Schwefelsaures Ammoniak mit über 1% Rhodanammonium wirkt bereits nachteilig. Rhodanverbin-

dungen lassen sich sehr scharf und sicher nachweisen. Ihre Anwesenheit thut sich zudem meistens schon durch eine rote bis braune Färbung des Düngesalzes kund. Durch geeignete Reinigungsverfahren ist es gelungen, das schwefelsaure Ammoniak von diesen giftigen Beimischungen zu befreien, sodaß heute der Landwirtschaft durch die Verwendung desselben kaum noch eine Gefahr droht.

Wie alle Ammoniumverbindungen wird auch das schwefelsaure Ammoniak, durch starke Basen, wie z. B. durch gebrannten Kalk (CaO) zersetzt, unter Entbindung von gasförmigem Ammoniak:

$$(NH_4)_2\ SO_4 + CaO = CaSO_4 + 2\,NH_3 + H_2O.$$

Aus diesem Verhalten ergiebt sich die Nutzanwendung, das schwefelsaure Ammoniak außerhalb des Bodens nicht mit Kalk oder kalkhaltigen Düngemitteln, wie Thomasschlackenmehl, oder sonstigen alkalischen Stoffen zu mischen, da sonst ein Verlust von Ammoniak leicht entstehen kann. Erfolgt aber besagte Umsetzung im Boden selbst, so ist ein Entweichen von Ammoniak nicht zu befürchten, da dasselbe von dem Boden absorbiert wird. Mit Superphosphat dagegen ist, wie wir noch sehen werden, ein Vermischen sehr wohl angängig.

Wirkung und Anwendung. Das schwefelsaure Ammoniak ist, wie wir bereits anzudeuten Gelegenheit hatten, kein direktes Nährmittel für die Pflanzen.

Es wird erst zu einem solchem nach seiner Umwandlung in salpetersaure Verbindungen. Diese Umwandlung geht im Boden unter günstigen Bedingungen sehr schnell von statten, sodaß das schwefelsaure Ammoniak im allgemeinen, hinsichtlich seiner Düngewirkung dem Salpeter sehr nahe steht. Alles, was über die Wirkung des Salpeterstickstoffes gesagt worden ist, findet daher sinngemäße Anwendung auf den Ammoniakstickstoff.

Es erwächst uns aber die Aufgabe den Wirkungswert des schwefelsauren Ammoniaks gegenüber dem Salpeter etwas näher zu präzisieren.

Von vornherein dürfte als wahrscheinlich anzunehmen sein, daß der Wirkungswert des schwefelsauren Ammoniaks gegenüber dem Salpeter abhängig sein wird von zwei Momenten. Einmal von der Schnelligkeit und zweitens von der Vollständigkeit seiner Nitrifikation.

Da der Nitrifikationsprozeß ein Oxydationsvorgang ist, so ist natürlich die Gegenwart von Luft für seinen Vorlauf von größter Bedeutung. Je besser durchlüftet ein Boden ist, um so schneller wird die Nitrifikation in ihm verlaufen.

Die Nitrifikation ist, wie wir gesehen haben, an die Lebensthätigkeit gewisser niederer Organismen geknüpft. Diese bedürfen zur Ausübung ihrer Lebensthätigkeit gewisser Lebensbedingungen, so einer gewissen Temperatur, gewisser Nährsalze 2c.

Je günstigere Lebensbedingungen ein Boden diesen Organismen zu bieten vermag, um so energischer wird sich in ihm die Nitrifikation vollziehen. Ferner wird der Salpeterbildungsprozeß durch einen gewissen Vorrat von Kalk sehr gefördert.

Allgemein läßt sich sagen, daß hoher Humusgehalt, hoher Kalkgehalt, gute Durchlüftung und gute Erwärmung den Nitrifikationsprozeß befördern.

Große Mengen von Ammoniumverbindungen, sowie große Mengen organischer Stoffe scheinen dagegen die Umwandlung der Ammoniumverbindungen in salpetersaure Salze zu verzögern.

Man sieht also, daß die Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks von mancherlei Verhältnissen abhängig ist und daß der Landwirt in vielen Fällen imstande sein wird, dieselbe zu verbessern.

Wir wollen ein hierher gehöriges Beispiel anführen. Wagner, der auch diese Verhältnisse studiert hat, fand bei einem Versuche folgendes:

Boden-behandlung	Differenzdüngung Stickstoff g	Mittelerträge an Trockensubstanz g	Mehrerträge gegen stickstofffreie Düngung g	Auf je 100 g des bei Salpeterdüngung erhaltenen Mehrertrages hat die entsprechende Ammoniakdüngung ergeben g
Torfboden ohne Mergel	0,0 g Stickstoff	6,3	—	—
	1,2 g " " als salpetersaur. Natron	74,3	68,0	100
	2,0 g " " als salpetersaur. Natron	94,4	88,1	
	1,5 g " " als schwefels. Ammoniak	26,9	20,6	28
	2,0 g " " als schwefels. Ammoniak	29,4	23,1	
Torfboden mit Mergel	0,0 g " "	9,6	—	
	1,5 g " " als salpeters. Natron	84,6	75,0	100
	2,0 g " " als salpeters. Natron	92,0	82,4	
	1,5 g " " als schwefels. Ammoniak	74,5	64,9	90
	2,0 g " " als schwefels. Ammoniak	86,7	77,1	

Diese Zahlen zeigen auf das deutlichste den günstigen Einfluß, den der Kalk auf einen an und für sich kalkarmen Boden in Bezug auf die Wirkung einer Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak ausübt.

Ein genügender Kalkgehalt des Bodens ist also eine Bedingung für eine gute Ausnutzung des schwefelsauren Ammoniaks, und dieses hat der Landwirt bei dessen Anwendung stets zu beachten.

Will man nun aber die Wirkung von Salpeter und schwefelsaurem Ammoniak gegeneinander abmessen, so muß uns die Beantwortung des zweiten der oben erwähnten Punkte nämlich der quantitative Verlauf der Nitrifikation hierüber wertvolle Anhaltspunkte geben.

Wir wollen von den verschiedenen hierüber vorliegenden Untersuchungen nur auf diejenigen Wagner's eingehen, weil dieselben unter Verhältnissen angestellt sind, welche den in der Natur obwaltenden am meisten entsprechen.

Wagner fand, daß unter Verhältnissen, welche für eine Nitrifikation möglichst günstig gestaltet wurden, und die sich den natürlichen Verhältnissen möglichst anpaßten (lockere, humusreiche Erde, Zusatz von Mergel, hohe Bodentemperatur, schwache Ammoniakdüngung) die Nitrifikation in folgender Weise verlief.

Es wurden aus je 100 Teilen Ammoniakstickstoff erhalten:

nach	12 Tagen	88	Teile	Salpeterstickstoff
	24 "	88	"	"
	36 "	89	"	"
	48 "	89	"	"
	60 "	89	"	"
	72 "	89	"	"
	80 "	88	"	"

Unter günstigen Bedingungen tritt demnach bereits innerhalb kurzer Zeit eine

vollständige Nitrifikation ein und zwar bilden sich aus 100 Teilen Ammoniakstickstoff rund 90 Teile Nitratstickstoff.*)

Auf Grund dieser Ergebnisse könnte man daher berechtigt sein anzunehmen, daß der Wirkungswert des schwefelsauren Ammoniaks sich zu demjenigen des Salpeters wie 90:100 verhalten muß.

Eine direkte Entscheidung dieser Frage kann aber nur durch den exakten Vegetationsversuch herbeigeführt werden. Solche Versuche liegen nun eine große Anzahl vor, und sie haben mit voller Übereinstimmung das Resultat ergeben, daß die Wirkung des Ammoniakstickstoffs im Durchschnitt 90 beträgt, wenn man die Wirkung des Salpeterstickstoffs gleich 100 setzt.

Wir wollen hierfür nur einige Belege und zwar die Ergebnisse einiger Gefäßversuche von Wagner anführen, mit dem ausdrücklichen Bemerken, daß dieselbe durch viele andere Versuche vollauf bestätigt worden sind. (Siehe umstehende Tabelle).

Wenn wir somit gesehen haben, daß das Wertverhältnis von Salpeterstickstoff zu Ammoniakstickstoff sich verhält wie 100:90, so ist damit natürlich nicht gesagt — und dieses dürfte aus dem Vorstehenden zur Genüge hervorgehen, — daß dasselbe ein für alle Fälle konstantes ist. In der Praxis werden sich die Verhältniszahlen je nach den Witterungs- und Bodenverhältnissen bald etwas mehr nach dieser, bald nach jener Seite verschieben.

Für die Bewertung des schwefelsauren Ammoniaks beim Einkauf wird der Landwirt aber billigerweise fordern dürfen, daß sich der Preis des Stickstoffs im schwefelsauren Ammoniak zu demjenigen des Salpeters verhält wie 90:100.

Da das schwefelsaure Ammoniak aus dem Boden weit weniger ausgewaschen wird als der Salpeter, kann man es auch zur Herbstdüngung verwenden. Für die Frühjahrsdüngung empfiehlt es sich, das Ammoniaksalz einige Wochen vor der Aussaat unterzubringen, damit die Pflanzen zur rechten Zeit die nötigen Mengen Nitratstickstoff vorfinden.

Auf die Bedeutung einer Kalkung oder Mergelung des Bodens für eine gute Wirkung dieses Düngemittels sei auch hier noch einmal hingewiesen.

Die sogenannten organischen Stickstoffdünger.

Zu den organischen Stickstoffdüngern gehören alle diejenigen, welche den Stickstoff in Form von Amiden, Eiweiß, oder ähnlichen Verbindungen enthalten.

Sämtliche stickstoffhaltigen Düngemittel, die dem Tier- und Pflanzenreiche entstammen, wie z. B. der Stallmist, der Fäkaldünger, die Gründüngungsmassen, der Peruguano, das Blutmehl, Hornmehl, Knochenmehl, Fleischmehl, Ledermehl, der Wollstaub 2c. gehören hierher.

Der Stallmist, Fäkaldünger und die Gründüngung haben wir bereits als sogenannte natürliche Düngemittel kennen gelernt und besprochen. Die übrigen der angeführten Düngemittel, welche zu den sogenannten „künstlichen" oder Handelsdüngern gezählt werden, wollen wir nunmehr kurz Revue passieren lassen.

Das Blutmehl, Hornmehl, Ledermehl und die Wollabfälle kommen an dieser Stelle zunächst in Betracht, da sie lediglich ihres Stickstoffgehaltes wegen Anwendung

*) Die übrigen 10% Stickstoff werden wahrscheinlich zur Bildung organischer Substanz durch die Bakterien verbraucht. Ob bei der Oxydation von Ammoniakverbindungen eine Abspaltung elementaren Stickstoffs eintritt, ist eine strittige, noch nicht entschiedene Frage.

Pflanze	Differenz-düngung Stickstoff g	Stickstoff in Form von	Auf je 100 g des bei Salpeterdüngung erhaltenen Mehrertrages hat die entsprechende Ammoniakdüngung ergeben: Stroh	Körner	Auf je 100 g der bei Salpeterdüngung geernteten Stickstoffs (Stickstoff des Mehrertrages) hat die entsprechende Ammoniakdüngung ergeben:
Hafer	0		—	—	—
	1,5 / 2,0	salpeters. Natron	100	100	100
	1,5 / 2,0	schwefels. Ammon.	93	93	92
Weizen	0		—	—	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	96	97	92
Roggen	0		—	—	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	101	99	99
Gerste	0		—	—	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	82	79	89
Rübsen	0		—	—	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	90	95	88
Kartoffeln	0		Kraut (frische Substanz)	Kartoffeln (frische Substanz)	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	82	128	86
Möhren	0		Kraut (frische Substanz)	Möhren (frische Substanz)	—
	0,75 / 1,50	salpeters. Natron	100	100	100
	0,75 / 1,50	schwefels. Ammon.	88	90	85

finden. Auf die übrigen Präparate, die außerdem noch durch ihren Gehalt an Phosphorsäure von Bedeutung sind, soll in einem späteren Kapitel, welches die stickstoff- und phosphorsäurehaltigen Düngemittel behandelt, eingegangen werden.

Blutmehl, Hornmehl, Fleischmehl, Wollabfälle.

Zusammensetzung, Eigenschaften und Gewinnung. Das **Blutmehl** wird als Abfallprodukt großer Schlächtereien, Abdeckereien ꝛc. gewonnen und zwar, wie der Name sagt, aus dem Blute geschlachteter resp. gefallener (krepierter) Tiere. Das Blut enthält im frischen Zustande rund 800 Teile Wasser und 200 Teile fester Stoffe. Von diesen 200 Teilen entfallen cirka 190 Teile auf stickstoffhaltige Substanzen eiweißartiger Natur.

Zur Herstellung von Blutmehl werden die stickstoffhaltigen Stoffe durch Anwendung von Wärme (Einlassen von Dampf behufs Abscheidung) zur Gerinnung gebracht, sodann getrocknet und gemahlen.

Die handelsfertige Ware ist ein dunkelbraunes feinkörniges Pulver. Sie enthält im Durchschnitt gegen 12% Stickstoff und zwar, wie schon erwähnt, in Form von Eiweißsubstanzen und außerdem noch etwa 1% Phosphorsäure.

Das **Hornmehl** wird meist aus den bei der Verarbeitung von Horn und Klauen entstehenden Abfällen gewonnen.

Die Herstellung geschieht in der Weise, daß die Abfallstoffe zunächst gedämpft oder gedarrt und sodann in ein feines Mehl verwandelt werden. Reines Hornmehl enthält cirka 13—14% Stickstoff, doch kann dieser Gehalt in den Handelspräparaten je nach den zur Herstellung benutzten Materialien beträchtlich schwanken. Der Stickstoffgehalt ist um so höher, je weniger Knochenfragmente mit zur Verarbeitung gelangen.

Je mehr Knochenmehl das Präparat infolge seiner Herstellung beigemengt enthält, umso höher steigt zugleich der an und für sich geringe Gehalt an Phosphorsäure.

Der Stickstoff findet sich in dem Hornmehl hauptsächlich in Form von Hornstoff oder Keratin, einer Substanz, die sehr viel schwerer zersetzbar ist als das Eiweiß.

Das **Ledermehl** wird aus Lederabfällen in ähnlicher Weise bereitet, wie das Hornmehl, d. h. die Lederabfälle werden zunächst gedarrt oder gedämpft und sodann gemahlen. Je nach den angewandten Materialien und der Herstellung kann der Stickstoffgehalt sich zwischen 5—10% bewegen.

Der Stickstoff, welcher in dem ursprünglichen Ausgangsmaterial in einer eiweißähnlichen Form vorhanden ist, wird durch den Gerbprozeß derartig verändert, daß er dem Zersetzungsprozeß sehr schwer anheimfällt.

Die **Wollabfälle**, wie sie z. B. die Wollspinnereien und Wollwebereien liefern, sind äußerst verschieden zusammengesetzt. Der Stickstoffgehalt kann zwischen 2—12% liegen.

Der Stickstoff ist in den Wollabgängen in derselben Form vorhanden wie in dem Hornmehl, nämlich als Hornstoff oder Keratin.

Anwendung und Wirkung. Wenn, wie wir dieses annehmen können, der Wirkungswert eines stickstoffhaltigen Düngemittels abhängig ist von der Schnelligkeit und Vollständigkeit seiner Umwandlung in salpetersaure Salze, so geht schon aus diesem Umstande hervor, daß die organischen Stickstoffdünger an sich bezüglich ihrer

Stickstoffwirkung an letzter Stelle stehen müssen, da sie den weitesten Weg und die längste Zeit bis zu ihrer Nitrifikation gebrauchen. Denn während die Ammoniumverbindungen direkt in salpetersaure Salze übergeführt werden können, müssen die organischen Düngemittel erst verschiedene andere, durch Mikroorganismen bewirkte und von der Konstitution des in dem jeweiligen Düngemittel enthaltenen Stickstoffträgers abhängige Metamorphosen durchlaufen, bevor sie in salpetersaure Verbindungen umgewandelt werden können.

Die Schnelligkeit ihrer Nitrifikation hängt ab einmal von den allgemeinen uns bereits bekannten Verhältnissen durch welche die Nitrifikation beeinflußt wird, und sodann weiter von der Löslichkeit der betreffenden Stickstoffverbindungen.

Diese, an und für sich gering, wird beeinflußt einmal von der mechanischen Beschaffenheit der Düngemittel und zweitens von der chemischen Natur der stickstoffhaltigen Substanz.

Daraus folgt aber, daß die Wirkung der organischen Stickstoffdünger von verschiedenen Faktoren beeinflußt werden kann und daß unter sonst gleichen Verhältnissen der Grad ihrer Zersetzungsfähigkeit ausschlaggebend sein wird.

Wir haben an früherer Stelle bereits über Versuche berichtet, die über diesen Punkt vorliegen, und gesehen, daß sie sich in leidlicher Übereinstimmung befinden mit den Resultaten, die Wagner auf Grund von Vegetationsversuchen über die Wirkung der Düngemittel vermittelt hat.

Wenn man den Ausnutzungskoëffizienten des Salpeter-Stickstoffs gleich 100 setzt, so verhält sich hierzu der relative Ausnutzungskoëffizient oder Wirkungswert des Stickstoffs in Form von Blutmehl, Hornmehl, Wollstaub und Ledermehl folgendermaßen:

	Nach Wagner	Nach Pfeiffer
Blutmehl	65	85
Hornmehl	65	83—84
Wollstaub	25	—
Ledermehl	15	—

Wir haben bereits an früherer Stelle (Seite 80/81) die Gründe darzulegen versucht, warum die genannten Forscher zu einer abweichenden Bewertung des in den „organischen" Düngemitteln enthaltenen Stickstoffs gelangt sind und gezeigt, daß dieselben in der Art der Versuchsanstellung und der Berechnung liegen.

Jedenfalls dürfen diese Zahlen nicht als absolut sichere angesehen werden und es muß weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, unsere mangelhaften Kenntnisse über diesen Punkt zu erweitern.

So lange wir aber über kein anderes Zahlenmaterial verfügen, werden, wir uns an die obigen Zahlen halten müssen, um die organischen Stickstoffdünger zu bewerten.

Die Zahlen zeigen, daß die verschiedenen Düngemittel einen sehr ungleichen Wirkungswert besitzen. Während das Blutmehl und Hornmehl ihrer leichteren Zersetzungsfähigkeit entsprechend relativ gut ausgenutzt werden, weisen sich das Ledermehl und die Wollabfälle als bei weitem geringwertigere Stickstoffdünger aus.

Es ist, wie die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, in der Natur der organischen Stickstoffdünger begründet, daß dieselben wesentlich anders wirken als der Salpeter und das schwefelsaure Ammoniak. Denn während die letzteren leicht-

löslich und, wie wir dargelegt, von den Pflanzen schnell assimiliert werden können, werden die organischen Stickstoffdünger sehr viel langsamer gelöst und assimiliert.

Diesem Verhalten zufolge sind Salpeter und schwefelsaures Ammoniak einer ausgiebigen aber auch bald versiegenden Quelle vergleichbar, während die organischen Stickstoffdünger mehr einer langsam, aber länger fließenden Quelle gleichen.

Bei dem Salpeter und schwefelsaurem Ammoniak ist auf eine Wirkung nur für das Jahr zu rechnen, in welchem sie zur Anwendung gelangen. Werden sie in der richtigen Menge und zur rechten Zeit angewandt, so werden sie vollständig ausgenutzt.

Die Wirkung der organischen Stickstoffdünger erstreckt sich aber auf eine Reihe von Jahren, sie kommt auch noch den Nachfrüchten zu Gute.

Dieses rührt eben daher, daß die organischen Stickstoffdünger erst nach und nach nitrificiert und damit in eine für die Pflanzen aufnahmefähige Form umgewandelt werden.

Da nun die Nitrifikation nicht nur im Sommer, wo sie allerdings am energischsten verläuft, vor sich geht, sondern auch in der übrigen Zeit des Jahres, sofern sie nicht durch zu niedere Temperatur sistiert wird, so liegt für den gebildeten Salpeter während derjenigen Zeit, wo das Feld unbestanden ist, die Gefahr eines durch Auswaschung bedingten Verlustes vor, wodurch natürlich seiner Ausnutzung durch die Pflanzen Abbruch geschieht.

Auf die dargelegten Eigenschaften muß man bei der Anwendung der organischen Stickstoffdünger Bedacht nehmen.

Sie eignen sich namentlich zur Herbstdüngung und für thätige, leichtere Böden.

In je feinerer Beschaffenheit sie zur Anwendung gelangen, eine umso bessere Wirkung werden sie zeigen.

G. Die wichtigsten phosphorsäurehaltigen Düngemittel.

Allgemeines. Die physiologische Bedeutung der Phosphorsäure, resp. des in dieser Verbindung enthaltenen Elementes Phosphor, für die Ernährung der Pflanzen besteht, soweit uns dieses zur Zeit bekannt ist, darin, daß dieselbe notwendig ist zum Aufbau gewisser typischer Pflanzenbestandteile, welche zudem hauptsächlich in dem wichtigsten Teile der Zelle, dem Protoplasma, enthalten sind.

So findet sich eine phosphorsäurehaltige Verbindung, das Lecithin, in jedem protoplasmatischen Zellsaft. Dieser Körper spielt bei den Stoffwechselerscheinungen eine bedeutsame Rolle.

Ein anderer, für das Pflanzenleben überaus wichtiger Körper, das Nucleïn des Zellkernes, ist ebenfalls eine phosphorhaltige Verbindung. Überhaupt steht die Phosphorsäure in sehr naher Beziehung zu den Proteïnstoffen und scheint nicht nur bei deren Bildung und Zersetzung, sondern auch bei ihrer Wanderung beteiligt zu sein.

Dieser nähere Zusammenhang zwischen der Phosphorsäure und den Eiweißsubstanzen tritt auch in der Weise zu Tage, daß proteïnreiche Pflanzen zugleich relativ phosphorsäurereiche Pflanzen sind, und daß auf einem phosphorsäurereichen Boden auch proteïnreichere Pflanzen wachsen als auf einem an Phosphorsäure ärmeren Boden.

Es liegt daher die Vermutung nahe, daß man unter Umständen und bis zu einem gewissen Grade imstande sein müsse, den Proteïngehalt der Pflanzen durch eine Düngung mit Phosphorsäure zu steigern, und diesbezügliche Versuche haben gelehrt, daß eine solche Beeinflußung der Qualität der Pflanzen in der That möglich ist.

So fand Wagner, daß durch eine Düngung mit Phosphorsäure der Proteïngehalt der lufttrockenen Erntemasse deutlich erhöht wurde und zwar:

bei Erbsen, in der Blüte geschnitten, von 15,9 % auf 16,7 % und 17,3 %,
bei Erbsenstroh von 6,2 % auf 7,4 % und 7,8 %,
bei Buchweizen, in der Blüte geschnitten, von 10,5 % auf 13,2 %.

Es hat sich aber nun weiter herausgestellt, daß sich die einzelnen Pflanzenteile in dieser Beziehung gegenüber einer Phosphorsäuredüngung verschieden verhalten, insofern nämlich, als durch eine phosphorsäurereiche Düngung wohl der Proteïngehalt des Strohes und der Grünpflanzen, nicht aber derjenige der Samen und Körner zunimmt. Es hat sich sogar gezeigt, daß bei einer sehr starken Düngung mit Phosphorsäure eine Abnahme des Proteïngehaltes der Körner eintreten kann. Die nachstehend mitgeteilten Versuchsresultate Wagner's mögen das Gesagte bestätigen:

Bei einer Düngung mit Phosphorsäure pro ha	betrug der Proteïngehalt des Erbsenstrohes	der Erbsenkörner
150 kg	6,4 %	24,5 %
300 kg	7,4 %	24,0 %
450 kg	7,8 %	22,1 %

In analoger Weise läßt sich an der Hand von Versuchen, wie sie u. a. von Wagner mit Erbsen, sowie von Kreusler und Kern mit Gerste und Weizen ausgeführt worden sind, zeigen, daß durch eine einseitig gesteigerte Phosphorsäuredüngung mit wachsender Stärke derselben der prozentarische Phosphorsäuregehalt der Körner abnimmt, während derselbe in dem Stroh steigt.

Man hat diese ebenso interessante wie merkwürdige Qualitäts-Beeinflussung der Pflanzen durch die Annahme zu erklären versucht, daß durch eine reichliche Ernährung der Pflanzen mit Phosphorsäure die Cirkulation der Pflanzensäfte und damit die Wanderung der Eiweißsubstanzen und der Phosphorsäure aus den Blättern in die Körner erschwert wird.

Da nun die Pflanzen, wie bekannt, zur Fruchtbildung das in den Blättern erzeugte Material benutzen, so bietet obige Erklärung ohne Zweifel eine ausreichende Begründung für die durch intensive Düngung mit Phosphorsäure hervorgerufene Erscheinung.

Aber man wird noch eine weitere Schlußfolgerung aus diesem Verhalten der Pflanzen gegen eine übermäßige Phosphorsäuredüngung ziehen dürfen, nämlich die, daß unter solchen Verhältnissen die Produktion von Körnern eine geringere sein wird, als wenn den Pflanzen weniger Phosphorsäure angeboten wird.

Daß dieses in der That der Fall ist, zeigen folgende Versuchsresultate Wagners, bei denen der durch die schwächere Phosphorsäuredüngung erzielte Ertrag an Stroh resp. Körner gleich 100 gesetzt ist.

Düngung mit Phosphorsäure pro ha in kg	Ertrag an Körner	Ertrag an Stroh
150	100	100
300	90	100
450	84	98

Wenn man nun auf Grund von in der Praxis gemachten Erfahrungen annehmen zu dürfen geglaubt hat, durch eine Düngung mit Phosphorsäure den Körnerertrag einseitig steigern zu können, so steht dieses durchaus nicht in Widerspruch zu

dem letzterwähnten Versuchsergebnissen. Vielmehr hängt es ganz von den gegebenen Verhältnissen ab, ob der eine oder der andere Fall eintritt.

Gesetzt, man bewirtschaftet einen Acker, der relativ arm ist an Phosphorsäure, und der zudem vielleicht noch vorwiegend mit Stickstoff gedüngt wird. Das Resultat wird sein, daß auf dem betreffenden Feld relativ mehr Stroh als Körner geerntet worden. Wir haben ja auch schon an früherer Stelle darauf aufmerksam gemacht, daß sich die Phosphorsäurearmut eines Bodens durch einen sinkenden Körnerertrag kund thut. Die Erklärung hierfür liegt nach den obigen Darlegungen nahe und ist die, daß aus Mangel an Phosphorsäure nicht diejenigen Mengen Proteïnstoffe gebildet werden können, welche zur Produktion einer normalen Körner-Ernte erforderlich sind. Düngt man nun ein derartig beschaffenes Land mit Phosphorsäure, so wird allerdings der Körnerertrag sich heben, er wird so lange gesteigert werden können, bis das normale Verhältnis zwischen Stroh und Korn erreicht ist. Eine weitere Steigerung der Produktion von Körnern ist aber nicht möglich. Im Gegenteil, wenn man übermäßig mit Phosphorsäure düngt, wird sogar, wie wir gesehen, der Ertrag an Körnern wieder herabgedrückt werden können.

Man hört und liest weiter oft die Ansicht, daß eine Düngung mit Phosphorsäure reifebeschleunigend wirke.

Wenn man nun aber, wie es doch gewöhnlich der Fall ist, unter einer reifebeschleunigenden Wirkung eine solche versteht, durch welche die assimilatorische Thätigkeit der Pflanzen, sowie der ganze Vegetationsproceß intensiver und schneller von statten geht, so kann man im landläufigen Sinne nicht gut von einer reifebeschleunigenden Wirkung der Phosphorsäure sprechen.

Nach zahlreichen hierüber von Wagner angestellten Versuchen verhält sich die Sache so: wenn den Pflanzen eine relativ phosphorsäurereiche Düngung dargeboten wird — denn nur unter dieser Voraussetzung kann die Phosphorsäure die sogenannte „reifebeschleunigende" Wirkung ausüben — so äußert sich der Einfluß der vorherrschenden Phosphorsäure, wie gesagt, nicht in der Weise, daß der gesamte Vegetationsproceß beschleunigt wird, sondern es tritt vielmehr das ein, was wir bereits unter analogen Verhältnissen kennen gelernt haben, nämlich eine Schwerbeweglichkeit der cirkulierenden Pflanzensäfte. Hiermit steht im Zusammenhang, daß die vegetativen Organe, so namentlich die Blätter, vorzeitig zur Einstellung ihrer Funktionen, ihrer stoffbildenden Thätigkeit veranlaßt werden, sodaß auf diese Weise die Lebensdauer der Pflanzen eine Abkürzung erfahren kann. Da dieselbe jedoch auf einer verminderten Produktion von organischer Substanz beruht, so kann dieser Einfluß einer übermäßigen Phosphorsäuredüngung nicht als eine günstige angesehen werden.

Die Ursache dieser Erscheinung dürfte in dem Mangel irgend eines wichtigen Vegetationsfaktors, wie z. B. des Wassers oder des Stickstoffs, zu suchen sein.

Hierfür spricht der Umstand, daß man besagte Wirkung der Phosphorsäure durch eine genügende Beidüngung mit Stickstoff und Kali wesentlich herabsetzen kann und daß das sogenannte „Verbrennen" der Halmfrüchte, das sich in einer unvollkommenen Fruchtbildung und Frühreife der Körner äußert, besonders bei trockener, heißer Witterung und einseitiger starker Phosphorsäuredüngung auftritt.

Unter Umständen kann übrigens der Landwirt diese Eigenschaft der Pflanze gegenüber einer starken Phosphorsäuredüngung mit Vorteil benutzen, so z. B. bei der Düngung der Zuckerrüben. Es ist bekannt, daß man die Zuckerrüben hauptsäch-

lich auch aus dem Grunde und zu dem Zwecke stark mit Phosphorsäure düngt, um eine möglichst zeitige und ungestörte „Reife“ der Rüben zu bewirken.

Nach den exakten Versuchen Hellriegels ist es dagegen sehr unwahrscheinlich, daß eine direkte Beziehung der Phosphorsäure zur Zuckerbildung, speciell in der Zuckerrübe, in der Weise besteht, daß der Zuckergehalt der Rüben mit steigender Phosphorsäuredüngung zunimmt, wie die nachstehenden Versuchsresultate zeigen:

Phosphorsäuredüngung g	Rübengewicht g	Zucker %		Zucker in der Trockensubstanz
2,840	802	13,9	Mittel 13,9	68,8
2,130	897	14,3		69,4
1,420	825	14,3		68,8
1,065 (normal)	800	13,2		67,0
0,710	696	14,3	Mittel 14,3	67,8
0,355	572	15,4		68,8
0,178	319	13,2		62,0
0,000	—	—		—

Es ergiebt sich sogar aus diesen Zahlen, daß im Durchschnitt der höchste prozentarische Zuckergehalt bei einer Phosphorsäuremenge erzielt wurde, die zur normalen Ausbildung der Rübe nicht hinreichte.

Über die quantitative Wirkung der Phosphorsäure liegen u. A. exakte Versuche von Wagner vor, deren Resultate wir hier kurz mitteilen wollen.

Der Versuch wurde angestellt mit Erbsen. Als phosphorsäurehaltiges Düngemittel diente Superphosphat.

Die angewendete Düngung an Phosphorsäure pro ha betrug kg	Auf 100 Teile Ertrag bei ungedüngt wurden durch die Phosphorsäuredüngung erzielt (Mittel aus 10 Versuchen:)	Auf 100 Teile Phosphorsäure berechnet ist ein Ertrag erzielt worden von:
40	114,3	135,2
55	118,3	133,3
70	123,8	134,0
85	129,4	134,6
100	133,8	133,8
115	138,0	133,0

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, daß der Mehrertrag an Erntesubstanz mit einer gesteigerten Phosphorsäuredüngung gleichen Schritt hält.

Selbstverständlich wird der Mehrertrag aber nur solange zu der steigenden Düngung in einem gleichbleibenden Verhältnisse stehen können, als die Phosphorsäure noch zur vollen Wirkung gelangt, d. h. als sie sich zu den übrigen Vegetationsfaktoren im relativen Minimum befindet.

Wir wollen diese interessanten Verhältnisse nicht weiter verfolgen, da sie für die Praxis insofern von geringerer Bedeutung sind, als, wie wir sogleich darlegen werden, es am rationellsten und einfachsten ist, die Düngung mit Phosphorsäure in der Weise vorzunehmen, daß man den Boden solange durch Überschußdüngungen mit Phosphorsäure anreichert, bis er auf dieselbe nicht mehr reagiert, während man die eigentliche „Regulierung“ der Erträge, wie wir bereits bei der Besprechung der Stickstoffdüngung ausgeführt haben, durch den Stickstoff bewirkt.

Bevor wir diesen Gegenstand weiter verfolgen, wird es zweckmäßig sein, wenn wir zuvor die Eigenschaften der Phosphorsäure resp. der phosphorsauren Salze und ihr Verhalten im Boden einer kurzen Besprechung unterziehen.

Die Phosphorsäure $H_3\ PO_4$ ist eine dreibasische Säure und bildet als solche drei Reihen Salze; je nachdem ein, zwei oder alle drei Wasserstoffatome in einem Molekül Phosphorsäure durch Metallatome ersetzt sind, unterscheiden wir dieselben als primäre, sekundäre und tertiäre Salze, resp. als Mono-, Di- und Tri-Phosphate.

Die Phosphorsäure ist in den meisten natürlich vorkommenden Phosphaten größtenteils an Kalk und daneben zum geringeren Teil noch an Eisen und Thonerde gebunden.

Zu Düngungszwecken kommen lediglich die Kalksalze der Phosphorsäure in Betracht, jedoch spielen auch die Verbindungen der Phosphorsäure mit Eisen und Thonerde, die Sesquioxyde, wie sie auch oft genannt werden, bei der Phosphorsäuredüngung eine bedeutsame Rolle, wie wir noch sehen werden.

Das Tricalciumphosphat ($Ca_3\ P_2\ O_8$) ist diejenige Form, in welcher die Phosphorsäure in der Natur in großer Menge auftritt.

Das Tricalciumphosphat ist in Wasser und verdünnter Säure fast unlöslich. Aus diesem Grunde ist es für die Ernährung der Pflanzen weniger geeignet und wird auch zu diesem Zwecke direkt verhältnismäßig wenig verwendet.

Weit wichtiger als das Tricalciumphosphat ist das Monocalciumphosphat ($Ca\ H_4\ P_2\ O_8$), welches aus jenem technisch hergestellt wird und als Superphosphat in den Handel kommt, für die Ernährung der Pflanzen, da es denselben die Phophorsäure in leichtlöslicher Form darbietet.

Das dritte hierhergehörige Salz, das Dicalciumphosphat ($Ca_2\ H_2\ P_2\ O_8$), steht hinsichtlich seiner Löslichkeit in der Mitte zwischen dem Mono- und Tricalciumphosphat. Das Dicalciumphosphat, welches z. B. in den Präcipitaten enthalten ist, ist in reinem Wasser nur schwer, leichter in kohlensäurehaltigem Wasser löslich. In verdünnten Säuren, sowie in einer Auflösung von citronensaurem Ammoniak löst es sich dagegen leicht auf. Wegen ihres Verhaltens gegen das letztgenannte Lösungsmittel hat man diese Form der Phosphorsäure auch als citratlösliche Phosphorsäure bezeichnet. Außer diesen Salzen findet noch ein weiteres Kalkphospat vielfach zu Düngungszwecken Verwendung, welches, wie man annimmt, die Phosphorsäure in Form von Tetracalciumphosphat ($Ca_4\ P_2\ O_8$) enthält und sich von einer achtbasischen Phosphorsäure $[(HO)_4\ P - O - P - (OH)_4]$ ableitet. Dieses Salz, welches der Träger der Phosphorsäure in der Thomasschlacke ist, steht hinsichtlich seiner Löslichkeitsverhältnisse dem Dicalciumphosphat nahe.

Auf die näheren Eigenschaften und den Wirkungswert der einzelnen Verbindungen werden wir an späterer Stelle zurückkommen.

Im Boden verhalten sich die löslichen Phosphate wesentlich anders wie die Nitrate. Während die Nitrate, wie wir gesehen haben, von dem Boden nicht absorbiert werden, sondern in demselben freibeweglich bleiben, werden die löslichen Phosphate von dem Boden sehr bald absorbiert und damit mehr oder weniger festgelegt. Dieser Absorptionsprozeß ist rein chemischer Natur und besteht darin, daß die Phosphorsäure durch bestimmte Bestandteile des Bodens, wozu hauptsächlich kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia, sowie die Sesquioxydhydrate von Eisen und Aluminium gehören, gefällt, d. h. in schwerer lösliche Verbindungen übergeführt wird.

Die an Kalk resp. an Eisen und Thonerde gebundene Phosphorsäure verhält sich nun wesentlich verschieden hinsichtlich ihrer Löslichkeit. Gerlach fand, daß die durch Kalk gebundene Phosphorsäure wieder vollständig in kohlensäurehaltigem Wasser auflösbar ist, während die durch Eisenoxyd und Thonerde gebundene Phosphorsäure sofort in Wasser und kohlensäurehaltigem Wasser unlöslich wird.

Je nach den besonderen, durch die Bodenbeschaffenheit bedingten Verhältnissen wird die Reaktion verschieden verlaufen, immer scheinen aber zunächst Diphosphate zu entstehen, welche sodann nach längerer oder kürzerer Zeit in die Triphosphate umgewandelt werden.

Durch diese Bindung der Phosphorsäure im Boden wird dieselbe natürlich in hohem Grade vor dem Ausgewaschenwerden durch die atmosphärischen Niederschläge geschützt, aber es wird andererseits natürlich auch, wie ohneweiteres ersichtlich ist, ihre Ausnutzung durch die Pflanzen erschwert. Wir finden hier also wesentlich andere Verhältnisse, als wir sie bei der Düngung mit Stickstoff kennen gelernt haben, und es ist von vornherein anzunehmen, daß die Ausnutzung der dem Boden zugeführten Phosphorsäure eine schlechtere sein wird, als diejenige des Stickstoffs. Daß dieses in der Wirklichkeit so ist, beweisen die folgenden Angaben.

Maercker teilt mit, daß bei Versuchen, die unter den für die Nährstoffaufnahme denkbar günstigsten Verhältnissen ausgeführt wurden, die Pflanzen von 100 Teilen der Düngung höchstens folgende Mengen aufnehmen:

Von der Phosphorsäure	30—40 Teile
Vom Kali	40—50 „
Vom Stickstoff	50—70 „

Wenn nun auch diese Zahlen selbstverständlich nicht für alle Verhältnisse zutreffend sind, so zeigen sie doch auf jeden Fall, daß die Phosphorsäure bedeutend schlechter ausgenutzt wird als der Stickstoff.

Dasselbe geht aus den Versuchen Emmerlings hervor.

Bei seinen Studien über die Wirkungen verschiedener künstlicher Düngemittel fand derselbe bezüglich der Ausnutzung von Stickstoff (in Form von Salpeter) und von Phosphorsäure (in Form von Superphosphat) u. a. folgendes:

1). Bei Sommerkorn.

a) Auf Lehmboden stellte sich das Ausnutzungsverhältnis für Phosphorsäure auf $10,_{6}$%, für Stickstoff auf $50,_{4}$%,

b) Auf Marschboden stellte sich das Ausnutzungsverhältnis für Phosphorsäure auf $9,_{75}$%, für Stickstoff auf $47,_{6}$%.

2) Bei Winterkorn.

a) Auf Lehmboden zu Weizen betrug das Ausnutzungverhältnis für Phosphorsäure $12,_{2}$%, für Stickstoff 61%,

b) Auf Sandboden zu Roggen betrug das Ausnutzungsverhältnis für Phosphorsäure $17,_{2}$%, für Stickstoff 59%.

Diesen Verhältnissen trägt der Landwirt erfahrungsgemäß — wenn auch oft unbewußt — bei der Düngung mit Phosphorsäure Rechnung.

Ein Beispiel möge dieses zeigen.

Durch eine Düngung mit 45 kg Phosphorsäure pro ha neben der entsprechenden Beidüngung wurden bei einer größeren Versuchsreihe im Durchschnitt 500 kg

Hafer und 500 kg Stroh mehr geerntet gegen ungedüngt. In diesem Mehrertrage waren, wie die analytische Untersuchung ergab, zusammen $4_{,8}$ kg Phosphorsäure enthalten, also etwa nur der zehnte Teil von der in der Düngung zugeführten Phosphorsäuremenge.

Es sind dieses ganz normale Verhältnisse, die uns klar zeigen, daß der Landwirt beträchtlich größere Mengen Phosphorsäure zur Düngung verwendet und verwenden muß, als dem Bedarfe der Pflanze an diesem Nährstoffe entspricht, denn es muß jedem von vornherein als aussichtslos erscheinen, durch eine Düngung mit $4_{,8}$ kg Phosphorsäure eine Mehrernte von 500 kg Hafer nebst Stroh produzieren zu können.

Die Erklärung für dieses Verhalten der Phosphorsäure liegt nach den vorherigen Ausführungen auf der Hand und ist die, um es kurz zu wiederholen, daß die Phosphorsäure durch das Absorptionsvermögen des Bodens festgelegt und in ihrer Freibeweglichkeit gehindert wird, sodaß sie den Pflanzenwurzeln nicht überall zur Verfügung steht, sondern von demselben aufgesucht werden muß. Die Ausnutzung eines Nährstoffes steht aber im direkten Verhältnis zu seiner Verteilung und Verbreitung im Boden.

Es muß daher stets ein Überschuß von Phosphorsäure im Boden vorhanden sein, um das vorhandene Nährstoffbedürfnis der Pflanzen zu decken. Der Anteil, den die Auswaschung auf die geringe Ausnutzung ausübt, ist gering.

Nach den Untersuchungen von Lawes und Gilbert gehen nur $2_{,5}$ kg — $5_{,0}$ kg Phosphorsäure pro Jahr und Hektar durch den Untergrund verloren, während dieser Verlust an Stickstoff je nach der Stärke der Düngung 15 — 47 kg betragen kann.

Unter Zugrundelegung dieses Verhaltens der Phosphorsäure im Boden und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß es zur Erzielung sicherer und hoher Erträge unbedingt notwendig ist, daß den Pflanzen zu jeder Zeit soviel Phosphorsäure im Boden zur Verfügung steht, daß sie ihren Bedarf daran vollauf befriedigen können, hat Wagner folgende Grundregel für die Düngung mit Phosphorsäure aufgestellt:

Ist ein Boden so arm an Phosphorsäure, daß eine Düngung mit Superphosphat oder Thomasmehl eine deutlich sichtbare Wirkung ausübt, so genügt es nicht, dem Boden diejenige Phosphorsäuremenge zuzuführen, die sich aus dem Phosphorsäuregehalt der Ernten berechnet; es muß ein Überschuß gegeben werden, und die Überschußdüngung muß alle Jahre wiederholt und zwar so lange wiederholt werden, bis eine Wirkung der Phosphorsäuredüngung nicht mehr zu beobachten ist. Ist dieser Punkt erreicht, so ist es in der Regel genügend, jährlich so viel Phosphorsäure oder ein wenig mehr dem Boden zu geben, als die Ernten ihm entziehen.

Nur auf sehr leichten, durchlässigen oder stark drainierten Böden hat man noch dem Umstande Rechnung zu tragen, daß jährlich ein gewisser, wenn auch in der Regel nicht großer Verlust an Phosphorsäure durch das aussickernde Wasser entsteht, der dann ebenfalls ersetzt werden muß.

Ein gewisser Fond von wirksamer Phosphorsäure muß vorhanden sein, wenn der Boden den wechselnden und zeitweise sehr gesteigerten Anforderungen der Pflanzen genügen soll; und diesen entweder von Natur schon vorhandenen oder durch wiederholte Ueberschußdüngungen erzielten bezw. zu erzielenden Fond von Phosphorsäure dem Boden als ein bleibendes Kapital zu erhalten, ist dann die Aufgabe der später folgenden einfachen Ersatzdüngung.

Behufs Gewinnung von Anhaltspunkten sei hierzu erwähnt, daß in einer

Mittelernte nachstehend aufgeführte Pflanzen folgende Mengen an Phosphorsäure enthalten:

50	Ctr.	Getreidekörner	mit entsprechendem Stroh	ca.	30 kg	Phosphorsäure.
50	„	Erbsenkörner	„ „ „	„	34 „	„
50	„	Rapskörner	„ „ „	„	60 „	„
500	„	Kartoffeln	„ „ Kraut	„	45 „	„
700	„	Zuckerrüben	„ „ Blättern	„	35 „	„
1000	„	Futterrunkeln	„ „ „	„	50 „	„
140	„	Rotkleeheu	. . . .	„	32 „	„
160	„	Luzerneheu	. . . .	„	55 „	„

Gegen diese Düngungsweise ist nun der Einwand erhoben, daß dieselbe unrationell sei, weil die dem Boden überschüssig zugeführte Phosphorsäure sehr schnell in einen unlöslichen Zustand übergeführt werde und somit für die Ernährung der Pflanzen so gut wie verloren sei.

Dem gegenüber hat aber Wagner an der Hand von Versuchen gezeigt, daß ein so schnelles Unlöslichwerden der löslichen Phosphorsäure, wie man anzunehmen geglaubt hat, doch nicht eintritt.

So hat er auf einer Parzellenreihe durch eine einmal gegebene Düngung von 800 kg Thomasmehl während eines Zeitraumes von 9 Jahren folgende Mehrerträge gegenüber der ohne Phosphorsäure belassenen Parzellenreihe erzielt:

im Jahre	1890	einen Mehrertrag von	7,5	D.-Ctr. Heu pro ha.
„ „	1891	„ „ „	23,0	„ „ „ „
„ „	1892	„ „ „	26,0	„ „ „ „
„ „	1893*)	„ „ „	14,4	„ „ „ „
„ „	1894	„ „ „	29,3	„ „ „ „
„ „	1895	„ „ „	13,1	„ „ „ „
„ „	1896	„ „ „	10,6	„ „ „ „
„ „	1897	„ „ „	9,2	„ „ „ „
„ „	1898	„ „ „	5,7	„ „ „ „
		Gesamtmehrertrag	138,8	D.-Ctr. Heu pro ha.

Diese Versuchsergebnisse, die eine langjährige und deutliche Nachwirkung einer einmaligen Phosphorsäuredüngung erkennen lassen, zeigen, daß die Phosphorsäure im Boden nicht so schnell ihre Wirksamkeit einbüßt, wie man befürchtet hat.

Noch ein anderer Versuch Wagners, der für die von ihm vertretene Düngungsweise mit Phosphorsäure von Interesse ist, soll hier erwähnt werden.

6 Vegetationsgefäße wurden gleichmäßig mit Kali und Stickstoff gedüngt und mit Hafer bepflanzt. Drei derselben (Versuch 1) wurden in jedem Jahre mit einem Überschuß von Kali und Stickstoff gedüngt, nicht aber mit Phosphorsäure. Die übrigen drei Gefäße (Versuch 2) erhielten außer Kali und Stickstoff jedes Jahr genau so viel Phosphorsäure in der Düngung, als die Ernte dem Boden entnahm. Die Ernteergebnisse gestalteten sich bei diesen beiden Versuchsreihen wie folgt:

Versuch 1 (kein Phosphorsäureersatz)		Versuch 2 (jährlicher Ersatz der entzogenen Phosporsäure)
im ersten Jahre	86 g	85 g Hafer
„ zweiten „	131 g	177 g Rotklee
„ dritten „	47 g	120 g Hafer
„ vierten „	51 g	179 g Hafer.

*) Dieses Jahr zeichnete sich bekanntlich durch große Trockenheit aus.

Diese Versuche sind sehr lehrreich. Wir sehen, daß beim Versuch 1 die Erträge im Laufe der Jahre zurückgegangen sind, und es steht außer Zweifel, daß dieses mit dem abnehmenden Phosphorsäuregehalt des Bodens in Zusammenhang steht. Beim Versuch 2 tritt uns dagegen eine alljährliche Steigerung der Bodenerträge entgegen. Im vierten Jahre betrug die Ernte über das Doppelte des ersten Jahres, trotzdem den Pflanzen keine größere Menge Phosphorsäure zu Gebote stand, als es ursprünglich der Fall war.

Wir werden nicht fehl gehen, wenn wir den Grund hierfür in dem Umstande suchen, daß dadurch, daß dem Boden an Stelle der ihm durch die Ernte entnommenen schwerlöslichen Boden-Phosphorsäure die entsprechende Menge in einer leichter löslichen Form zurückerstattet wurde, auch für die Pflanzen von Jahr zu Jahr mehr aufnahmefähige Phosphorsäure verfügbar war.

Hieraus folgert Wagner weiter, daß ein Boden, der von Natur so reich an Phosphorsäure ist, oder der durch wiederholte starke Phosphatdüngungen so weit angereichert worden ist, daß er selbst den denkbar höchsten Ansprüchen der Kulturpflanzen genügt, auf dieser seiner Leistung bleibt, wenn man ihm jährlich nur so viel Phosphorsäure in Form von Superphosphat oder Thomasmehl wieder zuführt, als ihm durch die Ernte entzogen ist.

Es soll zum Schlusse dieser allgemeinen Betrachtungen nicht unterlassen werden, nochmals darauf hinzuweisen, wie wichtig eine ausreichende Düngung mit Phosphorsäure (sowie Kali und Kalk) für eine rationelle Stickstoffdüngung ist, und daß es wirtschaftlich einen großen Fehler bedeuten würde, an falscher Stelle mit der Anwendung von Phosphorsäure zu sparen, da einmal der sehr viel teurere Stickstoff eine schlechtere Verwertung erfahren würde und bei dem Anbau von Leguminosen der Stickstoffgewinn ein geringerer sein würde, als bei einer richtig angewandten Phosphorsäuredüngung. Andererseits kann natürlich auch die reichlichste Phosphorsäuredüngung wirkungslos bleiben, resp. schlecht ausgenutzt werden, wenn es an den übrigen Nährstoffen gebricht.

Hat man aber, wie dieses in einigen Gegenden der Fall gewesen ist, eine Verschwendung mit der Anwendung der Phosphorsäure getrieben, so wird es nur rationell sein, eine weise Einschränkung eintreten zu lassen.

Wir wollen nunmehr zu einer kurzen Besprechung der wichtigsten phosphorsäurehaltigen Düngemittel übergehen.

Das Monocalciumphosphat.

Superphosphat. Herstellung und Eigenschaften.

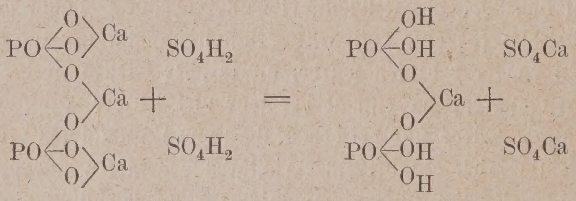
Das Superphosphat, welches bekanntlich die Phosphorsäure als Monocalciumphosphat, ($Ca\,H_4\,P_2\,O_8$) enthält, wird gewonnen aus den in der Natur vielfach vorkommenden Rohphosphaten, deren Phosphorsäureträger das Tricalciumphosphat ($Ca_3\,P_2\,O_8$) ist.

Der Gedanke, den in der Natur vorkommenden dreibasisch phosphorsauren Kalk durch entsprechende Behandlung in eine löslichere Form überzuführen, wurde bereits von Liebig (1840) ausgesprochen. Verwirklicht wurde derselbe zuerst in England. In Deutschland wurde erst im Jahre 1850 und zwar in Lehrte bei Hannover eine Superphosphatfabrik errichtet. Welchen Aufschwung seitdem dieser Industriezweig in Deutschland genommen hat, geht am besten aus Deutschland's Verbrauch an Superphosphat hervor, welcher im Jahre

1882 : 230 000 Tonnen, 1887 : 280 000 Tonnen,
1892 : 320 000 „ 1897 : 340 000 „ betrug.

Zur Herstellung des Superphosphats wird nach Mitteilungen von v. Grueber in Deutschland am meisten das Floridaphosphat verwandt, welches seit langer Zeit den Markt beherrscht; dasselbe enthält 70—80 % phosphorsauren Kalk. Daneben wird jetzt vielfach das niedriger prozentige Algierphosphat mit 60 — 65 % phosphorsaurem Kalk und neuerdings auch ein in Tunis gewonnenes sogenanntes Gaffaphosphat, welches einen Gehalt von 55 — 60 % phosphorsaurem Kalk aufweist, verarbeitet. Neben dem Gehalt an phosphorsaurem Kalk ist aus Gründen, die wir noch zu erwähnen haben werden, der Gehalt an Sesquioxyden, sowie an kohlensaurem Kalk, bei der Auswahl der Rohphosphate zu berücksichtigen. Die an zweiter und dritter Stelle erwähnten Phosphate enthalten unter 1 % Sesquioxyde und sind in dieser Beziehung selbst den besten Floridaphosphaten überlegen. Andere Sorten, so z. B. das Tennesseephosphat, enthalten bis über 4 % an Sesquioxyden und werden daher in Deutschland weniger zur Superphosphatfabrikation benutzt.

Die Herstellung des Superphosphates ist im Prinzip sehr einfach und besteht darin, das in Wasser unlösliche tertiäre Kalkphosphat durch Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure in das wasserlösliche primäre Kalkphosphat überzuführen. Das Wesen und der Verlauf des Prozesses ist aus nachstehender Gleichung ersichtlich:



Durch Einwirkung von 2 Molekülen Schwefelsäure ($H_2 SO_4$) auf ein Molekül Tricalciumphat ($Ca_3 P_2 O_8$) bildet sich also 1 Molekül Monocalciumphosphat ($Ca H_4 P_2 O_8$) und 2 Moleküle Gips ($Ca SO_4$).

Durch die Nebenbestandteile der rohen Phosphate wird der Prozeß in der Praxis etwas schwieriger, worauf wir aber hier nicht weiter einzugehen brauchen.

Ein gut bereitetes Superphosphat stellt ein graues, lockeres, feinkörniges Pulver von gut streubarer Beschaffenheit dar.

Seine Hauptbestandteile sind, wie obige Gleichung zeigt, Monocalciumphosphat und Gips. Das handelsgängige Superphosphat enthält meistens zwischen 16 — 18 % wasserlösliche Phosphorsäure.

Beim Lagern der Superphosphate tritt sehr häufig eine je nach Umständen mehr oder minder starke Verminderung des Gehaltes an wasserlöslicher Phosphorsäure ein. Dieses sogenannte Zurückgehen der Phosphate kann verschiedene Ursachen haben. Einmal kann es eintreten, wenn das Superphosphat nicht vollständig aufgeschlossen ist, d. h. noch einen Teil der Phosphorsäure als Tricalciumphosphat enthält. Letzteres setzt sich sodann mit dem Monocalciumphosphat unter Bildung von Dicalciumphosphat, welches im Wasser unlöslich ist, um, wie die folgende Gleichung lehrt:

$$Ca H_4 P_2 O_8 + Ca_3 P_2 O_8 + 8 H_2O = 4 Ca H PO_4 + 2 H_2O.$$

Ferner kann ein hoher Gehalt an Sesquioxyden das Zurückgehen bedingen. Nach Klippert sollen Superphosphate, welche aus Phosphaten mit bis zu 2 % Sesquioxyden hergestellt werden, kein Zurückgehen zeigen. Das Zurückgehen soll bei einem Gehalt

von über 2 % beginnen und bei steigendem Gehalt stark zunehmen. In diesem Falle beruht das Zurückgehen auf der Bildung unlöslicher Verbindungen der Phosphorsäure mit Eisen und Thonerde.

Über den Wirkungswert der zurückgegangenen Phosphorsäure ist früher viel gestritten worden. Auf Grund der angestellten Untersuchungen kann man annehmen, daß derselbe 70 % der wasserlöslichen Phosphorsäure beträgt.

Heute hat die Frage über den Wert der zurückgegangenen Phosphorsäure viel an Bedeutung verloren, da so eisenreiche Phosphate, welche ein bedeutendes Zurückgehen veranlassen könnten, nicht mehr verarbeitet werden.

Der Wert der Superphosphate ist abhängig von ihrem Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure. Lediglich diese kauft und bezahlt der Landwirt. Die wasserlösliche Phosphorsäure ist in allen Superphosphaten gleichwertig, sodaß also in dieser Beziehung zwischen den Superphosphaten verschiedener Herkunft keine Unterschiede bestehen, vorausgesetzt, daß die äußere Beschaffenheit eine gleich gute ist. Beim Einkauf wird der Landwirt gut thun, neben einer lockeren, maschinenstreubaren Beschaffenheit Gewicht zu legen auf einen gehörigen Feinheitsgrad, da es durch Versuche erwiesen ist, daß ein Superphosphat, namentlich auf thon- und kalkreicheren Bodenarten, um so besser wirkt, je feinkörniger es ist.

Anwendung und Wirkung. Das Superphosphat kann zu jeder Zeit sowie zu jeder Frucht angewandt werden. Seine Wirkung ist, wenn auch in den einzelnen Fällen verschieden, so doch überall eine sichere. Die Wirkung der Superphosphat-Phosphorsäure ist eine schnelle. Sie eignet sich daher von allen phosphorsäurehaltigen Düngemitteln am besten speciell für solche Fälle, wo es gilt, ein Phosphorsäure-Bedürfnis schnell zu befriedigen. Für Früchte von kurzer Vegetationszeit und hohem Phosphorsäure-Bedürfnis, sowie für intensiv betriebene Kulturen, für ungünstige klimatische und Boden-Verhältnisse, wo es gilt, die Pflanzen schnell zu einer üppigen Entwickelung zu bringen und ihre Vegetationsdauer eventuell zu verkürzen, leistet das Superphosphat vorzügliche Dienste.

Mit Ausnahme der sehr leichten Sandböden, sowie der Torf- und Moorböden, auf welchen man zweckmäßiger andere phosphorsäurehaltige Düngemittel wie Thomasmehl, Präzipitate, ja unter Umständen Knochenmehl oder sogar Phosphorite verwendet, eignen sich die Superphosphate für alle anderen Verhältnisse.

Daß die Superphosphat-Phosphorsäure auf sehr leichtem Boden oft unbefriedigend wirkt, hängt mit den schlechten Absorptionsverhältnissen zusammen.

Anders auf den Sumpf- oder Moorböden. Hier hat man die oft schlechte Wirkung der Superphosphate durch die Annahme zu erklären versucht, daß durch die vorhandene Humussäure der Gips unter Entbindung von freier Schwefelsäure, welche für die Pflanzen nachteilig wirkt, zersetzt würde.

Auf anderen Böden äußert indessen der in den Superphosphaten enthaltene Gips aus Gründen, die wir später besprechen werden, einen günstigen Einfluß.

Wenn die Superphosphat-Phosphorsäure in den Boden gelangt, so wird sie daselbst durch die Carbonate und Sesquioxyde absorbiert, und es entsteht dabei zunächst das wasserunlösliche Disphosphat, welches sodann je nach den betreffenden Verhältnissen weiteren Umwandlungen unterliegt.

Heinrich fand u. a. bezüglich der Absorption der Phorsäure in verschiedenen Bodenarten folgendes:

Angewendete Bodenart je 100 g	Dauer des Versuches Stunden	Angewendete Flüssigkeitsmenge ccm	Davon enthielten 100 ccm Vor dem Versuche Phosphorsäure mg	Nach dem Versuche Phosphorsäure mg	Es wurden absorbiert in % der gegebenen Phosphorsäuremenge
Sandboden	24	140	98	58	40,8
	48	115	98	3	97,8
Lehmiger Sandboden	24	140	98	6	90,2
	48	115	98	2,2	98,0
Lehmboden	24	140	98	16	85,7
	48	115	98	1,2	98,0
Korallen-Kalkmergel	24	140	98	2	98,0
	48	115	98	2	98,0
(fein gepulvert.)	24	140	398	14	96,5
	48	115	398	2	99,0

Man könnte hieraus schließen wollen, daß es überhaupt unnötig wäre, die Tricalciumphosphate in die Monocalciumphosphate überzuführen, und daß es genügen müsse, die Aufschließung der Rohphosphate nur bis zur Entstehung von Dicalciumphosphat durchzuführen, wodurch natürlich eine Ersparnis an Schwefelsäure stattfände.

Denn da selbst bei einer Düngung mit wasserlöslichem Monocalciumphosphat den Pflanzen die Phosphorsäure in Folge der Absorptionsvorgänge nach kurzer Zeit zum größten Teil doch nur noch in Form der Di- resp. Triphosphate zur Verfügung stehe, so müsse es gleichgültig für den Nutzeffekt sein, wenn die Phosphorsäure dem Boden von vornherein als Dicalciumphosphat, wie sie z. B. in den gleich zu besprechenden Präzipaten vorhanden ist, einverleibt würde. Und in der That geht auch aus vielen Versuchen, von denen wir einige weiter unten mitteilen werden, die völlige Gleichwertigkeit beider Präparate hervor. In anderen Fällen wiederum zeigt das Superphosphat eine entschieden bessere Wirkung. Es dürfte dieses mit den Absorptionsverhältnissen zusammenhängen.

In allen extremen Fällen, wo, wie in sehr leichten Böden einerseits und sehr schweren Böden andererseits, die Absorptionsverhältnisse für die Phosphorsäure ungünstig liegen, wird das Dicalciumphosphat in seiner Düngerwirkung dem Monocalciumphosphat sehr nahe stehen, ja ihm oft überlegen sein können. Auf allen anderen Bodenarten dagegen wird das Superphosphat einen besseren Erfolg verbürgen.

Denn eine Hauptbedingung für eine gute Ausnutzung und Wirkung eines Düngemittels ist bekanntlich seine gute und gleichmäßige Verteilung im Boden. Es liegt aber auf der Hand, daß sich unlösliche Phosphate nie so fein und gleichmäßig verteilen lassen können wie lösliche. Erstere lassen sich dem Boden nur mechanisch beimischen; letztere dagegen werden erst gelöst, verteilen sich über eine gewisse Strecke nach allen Richtungen hin und werden dann wieder gefällt und zwar in einem Zu-

stande gefällt, der sich auch durch die feinste Mahlung nicht annähernd erreichen läßt, und in welchem sie auch wiederum weit leichter löslich sein dürften, als die nur mechanisch zu verteilenden Präcipitate. Hierzu kommt, daß die Phosphorsäure im Boden zwar schwer löslich, aber nicht ganz unlöslich ist.

Durch die im Boden sich abspielenden Prozesse, seien sie rein chemischer oder chemisch-physiologischer Natur, wird die festgelegte Phosphorsäure wieder gelöst, um abermals ausgefällt zu werden. Dieser Vorgang wird aber, aus nach den obigen Darlegungen naheliegenden Gründen, nach einer Superphosphatdüngung intensiver verlaufen als nach einer solchen mit Präcipitat. In je reicherem Maße dieses stattfindet, umso günstiger für den Pflanzenwuchs, denn wie es ein alter Erfahrungssatz der Chemie ist, daß ein frischgefällter Niederschlag sich bedeutend leichter in einem Lösungsmittel auflöst, als wenn er zuvor getrocknet wird, so dürfte auch die im Boden gleichsam frisch gefällte Phosphorsäure leichter von den Pflanzen aufnehmbar sein.

Die feinere und gleichmäßigere Verteilung, sowie die Art der Abscheidung im Boden ist es demnach, durch welche die durchweg bessere und sicherere Wirkung der Superphosphatdüngung auf den mittleren Bodenarten ihre Erklärung findet.

Zur Ergänzung der vorstehenden Ausführungen wollen wir noch einige Versuchsresultate, die das Gesagte bestätigen, anführen.

E. Wein verglich die Wirkung verschiedener Phosphorsäureformen auf einem kalkreichen Boden und fand folgendes:

Differenzdüngung an Phosphorsäure	Gesamtgewicht der Ernte
Monocalciumphosphat	602 g
Dicalciumphosphat	809 „
Tricalciumphosphat	438 „
Phosphorsaure Thonerde	595 „
Phosphorsaures Eisenoxyd	503 „
Freie Phosphorsäure	574 „
Ohne Phosphorsäure	439 „

Auf einem leichten kalkarmen Boden erntete Wagner bei Anwendung von Superphosphat resp. Diphosphat:

Düngung pro ha	Ertrag pro ha in kg Körner	Stroh
Ungedüngt	4420	3770
20 kg Stickstoff	5280	4890
„ „ „ + 50 kg lösliche Phosphorsäure	5320	4920
„ „ „ + 50 kg Phosphorsäure in Form von frisch gefälltem Kalkphosphat.	5600	5110

Maercker erzielte durch eine Düngung von Superphosphat resp. Präcipitat zu Kartoffeln auf verschiedenen Bodenarten folgende Mehrerträge pro ha:

	Durch Superphosphat kg	Durch präcipitierten phosphorsauren Kalk kg	Mehr (+) oder weniger (—) durch Superphosphat
Sandboden	1116	1393	— 237
Sandiger Lehm	2398	824	+ 1574
Lehmboden	1278	1044	+ 234

Emmerling fand bei einem Vergleich zwischen einer Superphosphat- und Präcipitatdüngung folgendes:

Zahl der Versuche	Art der Düngung	Mehrertrag kg pro ha		Verhältnis der Ausnutzung, wenn diejenige bei Anwendung von Superphosphat = 1 gesetzt wird
		Hafer	Stroh	
		a) Lehmboden		
4	Präcipitat + schwefels. Amm.	555	430	$1:0,_{61}$
4	Superphosphat + „ „	830	840	
4	Präcipitat + Salpeter	410	210	$1:0,_{77}$
4	Superphosphat + „	530	275	
		b) Sandboden		
6	Präcipitat + schwef. Amm.	150	270	$1:1,_{8}$
6	Superphosphat + „ „	120	60	

Es wird nicht nötig sein, diesen Zahlen etwas hinzuzufügen, da dieses nur auf eine Wiederholung des bereits Gesagten hinauslaufen würde.

Bezüglich der Unterbringung der Superphosphate sei noch erwähnt, daß es sich am meisten empfiehlt, dieselben unterzupflügen.

Doppelsuperphosphat. Die Herstellung der Doppelsuperphosphate wird nur noch wenig betrieben. Sie geschieht in der Weise, daß geringwertige Phosphate, die zur Superphosphatfabrikation ungeeignet sind, mit verdünnter Schwefelsäure behandelt werden, wodurch es möglich ist, den Phosphaten lediglich die Phosphorsäure zu entziehen. Letztere wird durch Filterpressen von dem Rückstande, der als Phosphatgyps, oder, wenn er noch lösliche Phosphorsäure enthält, als Superphosphatgips in den Handel kommt, getrennt, und dient, nachdem sie gehörig konzentriert ist, zum weiteren Aufschluß von guten Rohphosphaten, wie z. B. der belgischen Kreidephosphate. Der dabei stattfindende Prozeß läßt sich durch folgende Gleichungen ausdrücken.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3CaH_4P_2O_8$$

$$CaCO_3 + 2H_3PO_4 = CaH_4P_2O_8 + CO_2 + H_2O.$$

Die Doppelsuperphosphate des Handels enthalten 40—45% wasserlösliche Phosphorsäure.

Da die Doppelsuperphosphate wegen ihres Mangels an Gips schlecht trocknen, so müssen sie künstlich getrocknet werden. Geschieht dieses aber, wie es hin und wieder vorkommt, bei zu hoher Temperatur, so kann es geschehen, daß das ursprünglich vorhandene Monocalciumphosphat, welches ein Salz der gewöhnlichen oder Orthophosphorsäure (H_3PO_4) ist, durch Wasserverlust in ein Salz der sogenannten Metaphosphorsäure (HPO_3), in das Calciummetaphosphat, übergeht. So sollen nach den Beobachtungen von Crispo nach dreistündigem Erhitzen bei etwa 150° C etwa 10%, bei 200° C sogar 90% aller vorhandenen Orthophosphorsäure in Metaphosphorsäure umgewandelt werden.

Über den Düngewert des Kalksalzes der Metaphosphorsäure liegen exakte Versuche nicht vor. Es ist jedoch anzunehmen, daß derselbe nicht wesentlich verschieden

ist von demjenigen des Kalksalzes der Orthophosphorsäure, da die Meta-Verbindungen nach und nach wieder in die Verbindungen der Ortho-Reihe übergehen.

Ueber die Wirkung und Anwendung der Doppelsuperphosphate gilt dasselbe, was wir über diesen Punkt bei den Superphosphaten ausgeführt haben.

Das Dicalciumphosphat.

Die Präcipitate. Obgleich die Präcipitate seit der Einführung der Thomasschlacke in die Landwirtschaft, keine große Rolle mehr als Düngemittel spielen, weil sie durch die billigere, ihnen in der Wirkung nahestehende Phosphorsäure der Thomasmehle immer mehr verdrängt werden, soll ihrer doch kurz gedacht werden.

Die Präcipitate werden einmal als Nebenprodukt bei der Leimfabrikation aus Knochen oder knorpelreichen Geweben gewonnen. Ferner werden zu ihrer Herstellung andere natürliche oder künstliche Phosphate benutzt, welche wegen eines zu geringen Phosphorsäure- oder zu hohen Kalkgehaltes zur Superphosphatfabrikation nicht geeignet sind. Man löst die zu verarbeitenden Substanzen in der billigeren Salzsäure und trennt die Lösung von dem Ungelösten. Die Lösung, welche die Phosphorsäure als Monocalciumphosphat enthält, wird mit Kalkmilch vorsichtig neutralisiert, und dadurch die Phosphorsäure als Dicalciumphosphat niedergeschlagen, präcipitiert. Setzt man zuviel Kalkmilch hinzu, so enthält der Niederschlag je nach dem geringeren oder größeren Ueberschusse mehr oder minder große Mengen von Tricalciumphosphat.

Der Niederschlag wird gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und stellt sodann ein sehr feines, weißes Pulver dar, welches bei richtiger Darstellung in citronensaurem Ammoniak vollständig löslich ist.

Der Wert der Präcipitate richtet sich nach dem Gehalt an in citronensaurem Ammoniak löslichem Dicalciumphosphat.

Der Gehalt an Phosphorsäure schwankt zwischen 30—40 %. Werden die Präcipitate zu scharf getrocknet, wie dieses besonders bei den aus England stammenden Präparaten der Fall sein soll, so findet man einen Teil der phosphorsauren Salze oft als Pyrophosphate vor, deren Düngewert ebenfalls noch nicht genau festgestellt ist, der aber, aus den bei der vorher erwähnten Metaphosphorsäure besprochenen Gründen, ebenfalls von demjenigen der Orthophoshate nicht allzuweit abweichen dürfte.

Die Wirkung der Dicalciumphosphate haben wir bereits bei der Besprechung der Superphosphate genügend kennen gelernt. In Anbetracht dessen, sowie aus Rücksicht auf die geringe derzeitige Verwendung der Präcipitate wollen wir davon absehen, diesen Gegenstand noch weiter zu verfolgen, zumal auch die nunmehr zu besprechende Thomasschlacke hinsichtlich ihres Düngewertes dem Präcipitat sehr nahe steht, sodaß die diesbezüglichen Ausführungen eine sinngemäße Anwendung auch auf die Präcipitate finden können.

Das Tetracalciumphosphat.

Die Thomasschlacke. Darstellung und Eigenschaften. Das Thomasschlackenmehl ist neben dem Superphosphat das wichtigste phosphorsäurehaltige Düngemittel der Jetztzeit geworden. Es hat nicht nur die Verwendung der Präcipitate bedeutend herabgemindert, sondern ist auch ein gewichtiger Konkurrent des Superphosphates geworden. Den gewaltig gesteigerten Verbrauch Deutschlands an Thomasphosphatmehl zeigen folgende Zahlen. Es wurden verbraucht: 1877: 50,000 Tonnen, 1892: 550,000 Tonnen, 1897: 620,000 Tonnen. Das Thomasphosphatmehl wird als Nebenprodukt bei der

Gewinnung des Stahles aus Roheisen gewonnen. Stahl unterscheidet sich im chemischen Sinne von Roheisen oder Gußeisen durch seinen Mindergehalt an Kohlenstoff und Phosphor. Letztere Beimengung des Roheisens, die uns hier besonders interessiert, entstammt den Eisenerzen und macht, wenn sie in den Stahl gelangt, denselben „kaltbrüchig“.

Die Darstellung des Stahles aus dem Roheisen beruht im Prinzip auf einem Oxydationprozeß, wodurch der Phosphor entfernt, und der Gehalt an Kohlenstoff bis zu einem bestimmten, gewünschten Grade erniedrigt wird.

Früher auf offenen Herden oder in Flammöfen vorgenommen, erfuhr dieser Prozeß eine wesentliche Verbesserung durch John Bessemer und wird nach ihm in der Weise ausgeführt, daß durch das in besonders konstruierten Gefäßen, den sogenannten Bessemer-Birnen, geschmolzene Eisen ein Luftstrom gepreßt wird, wodurch die Verunreinigungen teils verbrennen, teils, wie der Phosphor, in die Schlacke übergehen. Eine weitere Verbesserung dieses Prozesses, namentlich bezüglich der Entphosphorung verdankt man Gilchrist Thomas (1879).

Während nach dem ursprünglichen Bessemerverfahren, bei welchem die Bessemerbirnen, in denen das zu reinigende Eisen geschmolzen wird, mit einem sauren (Kieselsäure) Futter ausgekleidet waren, das Roheisen eben dieses Kieselsäuregehaltes wegen nicht völlig phosphorfrei gemacht werden konnte, und phosphorreiche Eisenerze nach diesem Verfahren überhaupt nicht verarbeitet werden konnten, kleidete Gilchrist Thomas die Birnen mit einem basischen Material, mit Ziegeln aus feuerfesten, magnesiahaltigen Kalksteinen (totgebranntem Dolomit) aus und versetzte zudem noch das zu reinigende Eisen, um das Futter zu schonen, mit einem reichlichen Zusatz von gebranntem Kalk.

Bei dem Schmelzprozesse verbindet sich nun die entstehende Phosphorsäure mit dem Kalk zu phosphorsaurem Kalk, welcher sich zusammen mit anderen Stoffen auf der Schmelze als Schlacke ansammelt und nach Beendigung des Prozesses abgegossen wird. Diese so gewonnene Schlacke ist die sogenannte Thomasschlacke. Sie stellt im ursprünglichen Zustande eine schwärzliche, blasig poröse, glasig krystallinische Masse dar.

Nachdem sie von den beigemengten Eisen- und Kalkstücken befreit ist, wird sie gemahlen und als Thomasphosphatmehl in den Handel gebracht.

M. Fleischer hat an der Hand von etwa 40 Analysen für den Gehalt an wichtigeren Bestandteilen der Thomasmehle folgende Werte berechnet:

	Minimum	Maximum	Mittel
Phosphorsäure	11,39	22,97	17,25
Kalk	38,00	58,91	48,29
Magnesia	1,14	8,10	4,89
Eisenoxydul	5,86	18,00	9,41
Eisenoxyd	1,91	7,00	3,78
Thonerde	0,14	3,70	2,01
Manganoxydul	0,55	5,62	3,91
Schwefel	0,05	1,41	0,49
Schwefelsäure	—	1,00	0,22
Kieselsäure	2,70	12,90	7,96

Die Phosphorsäure ist in dem Thomasphosphatmehl in Form von Tetracalciumphosphat ($Ca_4\ P_2\ O_8$) und außerdem nach Untersuchungen von Bücking und Link noch in Verbindungen von Tricalciumphosphat und Kalksilikat vorhanden. Neben

diesen Verbindungen finden sich in den Thomasmehlen noch freier Kalk, Eisen, Kieselsäure 2c. Während der Gehalt an Kalk nur günstig wirken kann, und derjenige an Kieselsäure für die Düngewirkung gleichgültig ist, hat man aus dem Gehalte der Thomasmehle an Eisen, besonders an Eisenoxydul früher wohl, da man den pflanzenschädigenden Einfluß von Eisenoxydulverbindungen enthaltendem Boden kannte, ungünstige Wirkungen auf die Pflanzen prophezeit. Dieses hat sich aber nicht bewahrheitet, und man nimmt jetzt auch allgemein an, daß das Eisenoxydul nicht an sich schädlich auf die Vegetation einwirkt, sondern daß seine Anwesenheit im Boden mehr ein Kennzeichen einer schlechten und für das Pflanzenwachstum ungünstigen physikalischen Beschaffenheit des Bodens ist.

Anwendung und Wirkung. Eine feine Mahlung ist für die Wirksamkeit des Thomasmehles von größter Bedeutung wie die beifolgenden Versuchsresultate Wagners zeigen.

Wenn man die Wirkung der Superphosphatdüngung = 100 setzt, so war die Wirkung von Thomasmehl verschiedenen Feinheitsgrades bei verschiedenen Pflanzen diese:

	Gerste		Weizen		Lein		Mittel aus allen Versuchsreihen und Düngungen
	Schwächere Düngung	Stärkere Düngung	Schwächere Düngung	Stärkere Düngung	Schwächere Düngung	Stärkere Düngung	
Superphosphat	100	—	100	—	100	—	100
Thomasschlacke I	65	—	61	—	57	—	61
„ „ II	59	—	61	—	55	—	58
„ „ III	13	11	12	13	16	15	13

Die Thomasschlacke I war sehr fein. Körnergröße bis zu 0,1 mm.
„ „ „ II bestand zu 83 % aus feinem Mehle bis zu 0,1 mm Körnergröße
u. zu 17 % aus gröberem Mehle von 0,1—0,2 „ „
„ „ „ III enthielt gar kein feines Mehl
52 % Mehl besaß eine Körnergröße von 0,1—0,2 mm
48 % „ „ „ „ „ 0,2—0,4 „

Die Beurteilung des Thomasphosphatmehles nach seinem Gesamt-Gehalt an Phosphorsäure und Feinmehl erwies sich jedoch als unzulänglich, da sich bei verschiedenen Untersuchungen herausstellte, daß Thomasmehle verschiedener Herkunft selbst bei gleichem Feinheitsgrade sehr verschieden wirkten.

Wagner fand u. a. in dieser Hinsicht folgendes:

Differenz-Düngung Phosphorsäure pro Gefäß in Form von Thomasschlacken-Feinmehl	g	Erträge an Stroh und Körner aus je 3 Vegetationsgefäßen g	Mehrerträge gegen phosphorsäurefreie Düngung g	Phosphorsäure im Mehrertrage g	Setzt man die beim Thomasmehl im Mehrertrag zurückerhaltene Phosphorsäure = 100, so berechnen sich für die übrigen Thomasmehle die folgenden Werte.
aus Mahlwerk	0	18	—	—	—
1. enth. 8,49 % Phosphs.	0,3	174,3	156,3	0,552	100
2. „ 16,84 % „	0,3	120 0	102,0	0,444	80
3. „ 18,04 % „	9,3	114,3	96,3	0,396	72
4. „ 16,34 % „	0,3	117,3	99,3	0,399	72
5. „ 18,56 % „	0,3	112,5	94,5	0,366	66
6. „ 18,49 % „	0,3	99,3	81,3	0,348	63
7. „ 23,90 % „	0,6	120,6	102,6	0,447	40
8. „ 22,78 % „	0,3	73,8	55,8	0,210	38
9. „ 24,62 % „	0,6	129,3	111,3	0,420	38
10. „ 19,57 % „	0,3	66,0	48,0	0,161	31
11. „ 24,29 % „	0,6	99,3	81,3	0,333	30

Diese Beobachtung war natürlich von einschneidender Bedeutung für die Bewertung der Thomasmehle. Sie zeigte, daß der bisherige Handelsmodus: die Thomasmehle lediglich nach ihrem Gesamtgehalt an Phosphorsäure unter Garantie eines bestimmten Feinheitsgrades zu bezahlen, nicht mehr ausreichend war.

Die Aufgabe war nunmehr, ein Lösungsmittel zu finden, welches den durch den Vegetationsversuch ermittelten Wirkungswert auch analytisch zum Ausdruck brachte. Dieses ist Wagner gelungen. Er fand ein solches Lösungsmittel in einer 1,4 % freie Citronensäure enthaltenden Ammoniumcitratlösung. Die auf diese Weise in den Thomasmehlen bestimmte Phosphorsäure nannte man citratlösliche Phosphorsäure. Der Gehalt an dieser zeigte in einem Thomasmehle direkt seinen relativen Wirkungswert an.

Wir wollen an einigen Beispielen zeigen, inwieweit der durch die Analyse ermittelte Wirkungswert mit dem durch den Vegetationsversuch ermittelten übereinstimmt.

Thomasschlacken-Feinmehl aus Mahlwerk	Gehalt an Gesamt-Phosphorsäure %	Gehalt an citratlöslicher Phosphorsäure %	Von je 100 Teilen Gesamtphosphorsäure sind citratlöslich: Teile	Setzt man die itratlöslichkeit der im Thomasmehl 1 enthaltenen Phosphorsäure = 100, so berechnen sich für die übrigen Thomasmehle die folgenden Zahlen	Setzt man die durch den Vegetationsversuch gefundene Löslichkeit der im Thomasmehl 1 enthaltenen Phosphorsäure = 100, so beberechnen sich für die übrigen Thomasmehle die folgenden Zahlen
1	8,49	8,41	99	100	100
2	16,84	14,17	84	85	80
3	18,04	14,18	80	81	72
4	16,34	11,68	71	72	72
5	18,56	13,47	73	73	66
6	18,49	13,91	75	76	63
7	23,90	9,28	39	39	40
8	22,78	10,79	47	48	38
9	24,62	10,34	42	42	38
10	19,57	8,67	44	45	31
11	24,29	9,12	38	38	30

Märcker fand in gleicher Weise bei der Untersuchung von 16 Thomasmehlen bezüglich ihrer Wirkung und Citratlöslichkeit folgendes:

No.	Wirkung	Citratlöslichkeit	No.	Wirkung	Citratlöslichkeit
1	100	100	9	60,2	57,2
2	87,9	92,99	10	67,0	54,92
3	90,2	88,08	11	57,5	46,50
4	76,7	85,78	12	51,6	44,90
5	71,9	81,37	13	53,9	44,89
6	67,9	71,95	14	38,5	37,08
7	74,1	71,34	15	47,4	29,06
8	65,0	60,62	16	18,1	22,75

Aus diesen Versuchsresultaten geht klar hervor, daß der auf analytischem Wege ermittelte Gehalt an citratlöslicher Phosphorsäure und die auf Grund von Vegetationsversuchen ermittelte Wirkung eines Thomasmehles in regelmäßiger Beziehung zu einander stehen.

Auch die umstehende Abbildung eines von Wagner angestellten Versuches zeigt sehr deutlich, mit welcher Regelmäßigkeit die Wirkung der Thomasmehle mit der Zu- resp. Abnahme ihrer Citratlöslichkeit steigt und fällt.

Es liegt daher im eigensten Interesse der Landwirte, wenn sie die Thomasmehle nur nach ihrem Gehalt an citratlöslicher Phosphorsäure kaufen und bezahlen, in gleicher Weise, wie sie ja auch die Superphosphate nach ihrem Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure kaufen und bezahlen. Nur auf diese Weise kann sich der Landwirt eine gute und zuverlässig wirkende Ware sichern und sich vor Verfälschungen der Thomasmehle mit minderwertigen Phosphaten schützen.

Es ist mit Freude zu konstatieren, daß dieser Handelsmodus sich immer mehr ausbreitet. Diese immermehr zunehmende Bewertung der Thomasschlacke auf Grund ihres Gehaltes an citratlöslicher Phosphorsäure hatte aber das Bestreben zur Folge, den Löslichkeitsgrad der Schlacken zu verbessern.

Nachdem man erkannt hatte, daß eine gewisse, regelmäßige Beziehung zwischen dem Kieselsäuregehalt der Schlackenmehle und ihrem Löslichkeitsgrad bestand, versuchte man, die Löslichkeit nach dem Vorgehen Hoyermann's durch Verschmelzen der Thomasschlacken mit Quarzsand zu erhöhen.

Diese Versuche haben die daran geknüpften Hoffnungen vollauf erfüllt. Es ist in der That gelungen, auf diese Weise die Citratlöslichkeit der Thomasmehle ganz wesentlich zu verbessern, sodaß der Löslichkeitsgrad der Thomasmehl-Phosphorsäure gegenüber früher nicht unwesentlich gestiegen ist. Heute gelangen Thomasmehle auf den Markt, deren Löslichkeitsgrad 85% ja 95—100% beträgt.

Aus dieser Lage der Dinge erwuchs nun aber für die Versuchsstationen die Aufgabe, zu prüfen, ob die Bewertung der Thomasmehle auf Grund oben erwähnter Methode den durch den Vegetationsversuch direkt ermittelten Wert noch genügend scharf zum Ausdruck brachte. Hierbei stellte sich heraus, daß dieses nicht immer der Fall war, sodaß eine entsprechende, den veränderten Fabrikationsverhältnissen Rechnung tragende Aenderung der analytischen Bewertung angezeigt war.

Denn der Vegetationsversuch bildet allein die Grundlage für die Bewertung der Thomasmehle, und seinen Ergebnissen muß die analytische Methode angepaßt werden.

Auf Grund seiner mit Vegetationsversuchen verbundenen Untersuchungen ist Wagner dann zu dem Ergebnisse gelangt, daß es angebracht wäre, mit Rücksicht auf die veränderte Herstellung und Zusammensetzung der Thomasschlackenmehle zur analytischen Wertbestimmung derselben statt der bisher benutzten Lösung (1,4% freie Citronensäure enthaltende Ammoniumcitratlösung) eine 2%ige Citronensäurelösung zu verwenden.

Nachdem auch von anderen Versuchsstationen bestätigt wurde, daß der durch die so abgeänderte Methode festgestellte Wirkungswert eines Thomasmehles in befriedigender Weise mit den durch den Vegetationsversuch ermittelten Resultaten harmoniert, werden in Deutschland jetzt die Thomasmehle nach dieser Methode bewertet.

Versuche mit Thomasmehlen von verschiedener Citratlöslichkeit. Von P. Wagner.

Jedes Gefäß hatte eine für Maximalerträge ausreichende Düngung von Kali und Stickstoff erhalten und außerdem die unten angegebenen Phosphorsäuredüngungen.



Menge der Phosphorsäure:	1/2 g	1/2 g	1/2 g	1/2 g	1/2 g	1/2 g	1 g präp.	
P. gegeben in Form von:	Superphosphat	Thomasmehl 1	Thomasmehl 2	Thomasmehl 3	Thomasm. 4	Thomasmehl 5	Phosphaten	—
Citratlöslichkeit der Phosphate:	—	89 %	82 %	65 %	39 %	36 %	2 %	—
Summe d. Ernte aus je 3 Parallelgefäßen	541,2	503,1	464,7	416,7	306,9	281,1	159,0	144
Mehrerträge gegen ungedüngt:	397,2	359,1	320,7	272,7	162,9	137,1	15,0	—

Man nennt die nach der neuen Wagnerschen Methode bestimmte Phosphorsäure nicht mehr citratlösliche sondern citronensäurelösliche Phosphorsäure.*)

Als Belege für die Übereinstimmung der auf Grund der neuen Methode resp. des Vegetationsversuches ermittelten Bewertung teilen wir einige diesbezügliche Versuche von Maercker mit.

Versuche mit Hafer

No.	Ertrag	Citratlöslichkeit in 2% Citronensäurelösung	No.	Ertrag	Citratlöslichkeit in 2% Citronensäurelösung
1	100	100	9	60,2	68,8
2	87,9	97,7	10	67,0	62,4
3	90,2	94,9	11	57,6	57,8
4	76,7	98,8	12	51,9	54,0
5	71,9	89,5	13	53,9	53,9
6	67,9	84,4	14	38,5	38,1
7	74,1	84,6	15	47,4	31,3
8	65,0	65,9	16	18,1	12,4
			Mittel	64,3	68,4

Versuche mit weißem Senf.

No.	Citratlöslichkeit in 2% Citronensäurelösung	Mehrertrag Ernte g	Mehrertrag Phosphors. g	
1	96,4	26,6	0,163	Mittel für eine Citratlöslichkeit von
2	96,0	17,5	0,121	93,3—96,4 %
3	94,8	19,2	0,123	
4	94,6	11,9	0,101	
5	94,0	27,0	0,148	Mehrertrag Phosphorsäure
6	93,6	33,1	0,207	22,8 0,144
7	93,3	24,1	0,145	
8	93,0	12,2	0,109	Mittel für eine Citratlöslichkeit von
9	92,6	23,6	0,134	90,0—93,0 %
10	91,8	20,6	0,129	
11	91,0	20,3	0,112	
12	90,6	18,8	0,101	Mehrertrag Phosphorsäure
13	90,5	17,1	0,105	18,5 0,111
14	90,0	16,8	0,088	
15	89,9	12,6	0,063	Mittel für eine Citratlöslichkeit von
16	89,8	21,7	0,106	77,4—89,9 %
17	88,4	14,0	0,100	
18	88,0	10,1	0,088	
19	86,3	15,5	0,098	Mehrertrag Phosphorsäure
20	83,5	18,1	0,119	15,8 0,096
21	77,4	18,9	0,095	

*) Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, ist das Prinzip, welches der Bewertung der Thomasphosphatmehle nach citratlöslicher Phosphorsäure resp. citronensäurelöslicher Phosphorsäure zu Grunde liegt, das gleiche.

Diese Zahlen mögen genügen, um zu zeigen, daß die neue Methode den Wirkungswert eines Thomasmehles in befriedigender Weise zum Ausdruck zu bringen vermag, denn die Ernte und die Phosphorsäureaufnahme steht im allgemeinen in gutem Einklage mit der Citratlöslichkeit. Was nun den Wert der citratlöslichen Phosphorsäure des Thomasmehls gegenüber der wasserlöslichen Phosphorsäure des Superphosphates anlangt, so geben darüber folgende Versuche Maercker's Auskunft:

Versuche über die Wirkung der citratlöslichen Phosphorsäure der Thomasphosphatmehle im Vergleich zur wasserlöslichen Phosphorsäure.

Versuchspflanze: Luzerne; Boden: Sandboden.

Differenz-Düngung Phosphorsäure	Von 100 Teilen waren citratlöslich	Sa. der Ernte g	Sa. der aufgenomm. Phosphorsäure g	Mehrernte g	Mehr P_2O_5 in d. Ernte g	Mehrernte durch löslich. P_2O_5 = 106	Mehr P_2O_5 durch löslich. P_2O_5 = 100	Von 100 P_2O_5 in der Mehrernte
Ohne Phosphorsäure	—	6,60	0,025	—	—	—	—	—
0,75 g wasserlsl. Phosph.	—	46,40	0,155	39,80	0,130	100	100	17,3
Thomasphosphatmehle								
0,75 g citratlösl. Phosph.	89,8	43,95	0,128	37,35	0,103	93,8	79,2	13,7
0,75 g " "	83,7	42,10	0,112	36,50	0,087	91,7	66,9	11,6
0,75 g " "	83,0	42,90	0,115	36,30	0,090	91,2	69,2	12,0
0,75 g " "	61,6	40,00	0,111	33,40	0,086	83,9	66,1	11,5
0,75 g " "	74,8	44,00	0,130	37,40	0,105	93,9	80,8	14,0
			Mittel	36,19	0,094	90,9	72,4	12,56

Mit denselben Thomasmehlen wurden außerdem noch Versuche mit Hafer und Nachfrucht von weißem Senf auf Sandboden ausgeführt, von denen wir nur die Endresultate hier anführen wollen. Siehe nebenstehende Tabelle auf Seite 171.

Wenn man den geernteten Mehrertrag zu Grunde legt, so ergiebt sich aus den Versuchsresultaten, daß die citratlösliche Phosphorsäure der Thomasmehle durch die Luzerne zu 90,9 %, durch Hafer und Senf zu 88 % der wasserlöslichen Phosphorsäure des Superphosphates verwertet wurde. Berechnet man dagegen den Wirkungswert nach der Ausnutzung der Phosphorsäure, so stellen sich die betreffenden Zahlen auf 72,4 resp. 71,8 %. Es geht hieraus zur Genüge hervor, welchen hohen Wert die citratlösliche Phosphorsäure besitzt.

Ohne auf weitere Einzelheiten der Tabellen eingehen zu wollen, wollen wir noch kurz auf folgende Punkte hinweisen, die sie zum Ausdruck bringen.

Der Wert der citratlöslichen Phophorsäure ist ein gleicher, gleichgültig ob sie einer Schlacke von hoher oder niedrigerer Citratlöslichkeit entstammt.

Die durchschnittliche Nachwirkung der citratlöslichen Phosphorsäure der Thomasmehle ist besser als diejenige der wasserlöslichen Phosphorsäure des Superphosphates. Die citratunlösliche Phosphorsäure des Thomasmehles besitzt nur einen geringen Wert. Daß die Nachwirkung der citratlöslichen Phosphorsäure eine bessere ist als diejenige

Versuche über die Wirkung der citratlöslichen Phosphorsäure der Thomasmehle:
Hafer mit Nachfrucht weißer Senf im Sandboden.

Differenz-Düngung an Phosphorsäure	Hafer: Von 100 P_2O_5 citratlöslich	Hafer: Mehrernte gegen ungedüngt: Pflanzenmasse g	Hafer: Mehrernte gegen ungedüngt: P_2O_5 g	Hafer: Mehrernte = 100 gesetzt: Pflanzenmasse g	Hafer: Mehrernte = 100 gesetzt: P_2O_5 g	Weißer Senf: Ernte lufttrocken g	Weißer Senf: P_2O_5 g	Weißer Senf: Mehr gegen ungedüngt: Ernte g	Weißer Senf: Mehr gegen ungedüngt: P_2O_5 g	Weißer Senf: Lösliche P_2O_5 = 100 in der Mehrernte: Ernte	Weißer Senf: Lösliche P_2O_5 = 100 in der Mehrernte: P_2O_5	Hafer u. Senf: Mehrernte g	Hafer u. Senf: Mehr P_2O_5 g	Hafer u. Senf: Verhältnis gegen lösliche P_2O_5: Ernte	Hafer u. Senf: Verhältnis gegen lösliche P_2O_5: P_2O_5	Hafer u. Senf: Von 100 Teil. P_2O_5 d. Düngung in der Mehrernte
Ohne Phosphorsäure	—	—	—	—	—	7,90	0,016	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75 g wasserlösliche P_2O_5	—	145,55	0,306	100	100	20,70	0,05	12,80	0,034	100	100	158,35	0,340	100	100	45,3
Thomasmehle																
0,75 g citratlösliche P_2O_5	89,8	120,78	0,202	83,0	66,0	31,30	0,074	23,40	0,058	182,8	170,6	144,18	0,260	91,1	76,5	34,7
0,75 g " "	83,7	118,35	0,184	81,3	60,1	33,00	0,085	25,10	0,069	196,1	203,0	143,45	0,253	90,6	74,4	33,7
0,75 g " "	83,0	120,01	0,187	82,4	61,1	28,20	0,078	20,30	0,062	158,6	182,4	140,31	0,249	88,7	73,2	33,2
0,75 g " "	61,6	117,66	0,183	80,8	59,8	25,50	0,069	17,60	0,053	137,5	155,9	135,26	0,236	85,4	69,4	31,5
0,75 g " "	74,8	123,12	0,197	84,6	64,4	18,50	0,041	10,60	0,025	82,8	73,5	133,72	0,222	84,4	65,3	29,6
		Mittel:		82,4	62,3	—	—	19.40	0,053	151,6	—	139,38	0,244	88,0	71,8	32,5
Die Wirkung der citratunlöslichen Phosphorsäure der Thomasphosphatmehle.																
0,75 g citratlösliche P_2O_5	—	7,18	0,010			15,30	0,035	7,40	0,019	57,8	55,9	14,58	0,029	9,2	8,5	3,9
0,75 g " "	—	14,72	0,017			19,60	0,043	11,70	0,027	91,4	79,4	26,43	,0044	16,7	12,9	5,9

der wasserlöslichen Phosphorsäure zeigt auch die Fortsetzung des vorerwähnten Luzerneversuches.

Während im ersten Jahre nachstehender Mehrertrag an Pflanzenmasse und Phosphorsäure durch die in verschiedenen Formen gegebene Phosphorsäure-Düngung erzielt wurde:

Wasserlösliche Phosphorsäure	$39_{,80}$ g	Erntemasse mit	$0_{,130}$ Phosphorsäure
Citratlösliche „	$36_{,18}$ g	„ „	$0_{,0942}$ „

wurden im zweiten Jahre mehr geerntet durch:

Wasserlösliche Phosphorsäure	$9_{,6}$ g	Erntemasse mit	$0_{,062}$ g Phosphorsäure
Citratlösliche „	$20_{,94}$ g	„ „	$0_{,112}$ g „

Hieraus zieht Märcker u. a. den Schluß, daß man Vorratsdüngungen in Form von Thomasphosphatmehl geben soll.

Die Thomasmehle wirken im allgemeinen umso schneller, je höher ihre Citratlöslichkeit ist.

Man hat gemeint, daß das Thomasmehl im Herbst oder Winter auf den Acker gebracht werden müsse, um befriedigend zu wirken.

Dieses ist aber nicht notwendig. Die heutigen Thomasmehle können zu jeder Zeit, auf jedem Boden und zu jeder Frucht angewandt werden. Sie wirken sofort. Ueberhaupt haben sich die Wirkungsunterschiede zwischen der Thomasmehlphosphorsäure und der Superphosphatphosphorsäure sehr ausgeglichen.

Immerhin kann unter gewissen Bedingungen die Verwendung des einen oder des anderen Düngemittels angezeigt sein.

Wagner läßt sich hierüber folgendermaßen aus:

„1. Auf sauren Moorböden, Wiesenböden, humusreichen, lockeren, gut durchlüfteten Ackerböden und kalkärmeren Sandböden wird die Phosphorsäure in Form von Thomasmehl ganz besonders gute Dienste leisten.

2. Eine Superphosphatdüngung wirkt schneller als eine Thomasmehldüngung. Mit Superphosphat gedüngte Pflanzen entwickeln sich in der Regel schneller als mit Thomasmehl gedüngte und kommen etwas früher zur Reife. Wo man also ein unvollkommenes Ausreifen der Früchte zu befürchten hat, wie bei der Kultur der Zuckerrübe auf schweren und kälteren Böden, bei Kulturen auf Höhenlagen oder in kalten, feuchten Niederungen, bei Kulturen im nördlichen Klima u. dergl., da hat man auf die Superphosphatdüngung den Schwerpunkt zu legen.

Wo aber eine schnellere Entwickelung der Pflanzen, eine Kürzung ihrer Vegetationsdauer nicht nur keine Vorteile, sondern sogar Nachteile bringen kann, wie mitunter bei der Kultur von Sommerhalmfrüchten, insbesondere der Gerste auf leichtem, trockenem, warmem Boden, da bietet wiederum die Thomasmehldüngung die größeren Vorteile.

Nicht selten kommt es vor, daß beispielsweise Gerste nach starker Superphosphatdüngung eine äußerst üppige Anfangsentwickelung, eine starke Bestockung zeigt; tritt dann aber trockene, heiße Witterung ein, so verlangsamt sich ganz plötzlich ihre Entwickelung, die Gerste wird frühzeitig gelb, die Körnerbildung ist eine unvollkommene, der Reifeprozeß ein überaus beschleunigter und der Ertrag ein geringer, während eine mit Thomasmehl gedüngte Gerste unter solchen Verhältnissen oft gleichmäßiger und vollkommener sich entwickelt und höhere Erträge geliefert hat.

3. Ist der Boden sehr arm an Phosphorsäure, so sind Maximalerträge nicht ohne Mitverwendung von Superphosphat zu erzielen, für alle Kulturen soll man

in solchem Falle nicht ausschließlich mit Thomasmehl düngen, sondern das Superphosphat mit zu Hilfe zu nehmen. Es empfiehlt sich, in einen phosphorsäurearmen Boden eine starke Thomasmehldüngung (800—1000 kg pro ha) tief einzupflügen und alsdann noch eine Superphosphatdüngung (etwa 200 kg pro ha) auf die rauhe Furche zu streuen. Ist der Boden dagegen reich an Phosphorsäure, hat er während einer längeren Reihe von Jahren starke Phosphorsäuredüngung erhalten, ist er so angereichert, daß der Ertrag nicht sofort zurückgehen würde, wenn man die Phosphorsäuredüngung ein Jahr oder selbst zwei oder drei Jahre aussetzen wollte, so bedarf er der Superphosphatdüngung nur in besonderen Fällen. In der Regel genügt es, solchem Boden die entzogene Phosphorsäure durch Thomasmehl zu ersetzen, und es tritt hier thatsächlich das ein, was Märcker über den relativen Wert der citratlöslichen Phosphorsäure des Thomasmehles ausgesprochen hat, die viel umstrittene Behauptung: 1 kg citratlöslicher Phosphorsäure hat unter Umständen den gleichen Düngewert wie 1 kg Superphosphat-Phosphorsäure".

Das Tricalciumphosphat.

Hierher gehören z. B. die Apatite, Phosphorite, Phosphate, Koproliten, Osteoliten, die sogenannten „präparierten" Phosphatmehle 2c.

Alle diese unaufgeschlossenen mineralischen Phosphate eignen sich für die gewöhnlichen Kulturböden nicht als Phosphorsäuredünger, da sie die Phosphorsäure in einer für die Pflanzen zu schwer zugänglichen Form enthalten, um eine befriedigende Wirkung äußern zu können.

Infolgedessen finden sie auch höchstens noch in extensiv betriebenen Wirtschaften Verwendung.

Indem wir dieses konstatieren, können wir von einer weiteren Besprechung dieser Phosphate Abstand nehmen, wobei wir aber nicht unterlassen wollen, zu erwähnen, daß einige dieser Phosphate auf sauren Moor- und Wiesenböden eine bessere Wirkung gezeigt haben, als auf gewöhnlichem Ackerboden.

Die wichtigsten stickstoff- und phosphorsäurehaltigen Düngemittel.

Die stickstoffhaltigen Superphosphate.

Unter den stickstoffhaltigen Superphosphaten nehmen die Ammoniak-Superphosphate unbestritten die erste Stellung ein. Die Ammoniak-Superphosphate stellen Mischungen von schwefelsaurem Ammoniak mit Superphosphat dar. Je nach den Verhältnissen, in welchem beide Düngemittel gemischt werden, schwankt der Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff. Gewöhnlich wird garantiert:

Ammoniak-Stickstoff	3%	wasserlöslicher Phosphorsäure	15%
" "	5%	" "	13%
" "	6%	" "	12%
" "	8%	" "	10%
" "	9%	" "	9%

Der Stickstoff sowohl wie die Phosphorsäure sollen in den Ammoniak-Superphosphaten in wasserlöslicher Form vorhanden sein.

Es kommt nun aber nicht selten vor, daß die Ammoniak-Superphosphate mit organischen Düngemitteln, wie Hornmehl, Blutmehl, Ledermehl u. dergl. vermischt werden und daher einen Teil ihres garantierten Stickstoffgehaltes nicht in Form von schwefelsaurem Ammoniak, sondern als organischen Stickstoff enthalten. Es ist daher angebracht, sich durch die chemische Untersuchung davon zu überzeugen, ob die geleistete Garantie an wasserlöslicher Phosphorsäure und Ammoniakstickstoff der wirklichen Beschaffenheit entspricht, denn nur diese Nährstoffformen will der Landwirt in dem Ammoniak-Superphosphat kaufen, und nur diese braucht er zu bezahlen.

Der organische Stickstoff besitzt, wie wir gesehen haben, eine langsamere Wirkung und damit einen anderen Wert als der Ammoniakstickstoff und darf deshalb in einem als Ammoniak-Superphosphat bezeichneten Düngemittel nicht enthalten sein, zumal es sehr wohl möglich ist, gut streubare Mischungen von schwefelsaurem Ammoniak und Superphosphat ohne Beimengung von organischen Substanzen herzustellen.

Die Wirkung des Ammoniak-Superphosphates setzt sich zusammen aus derjenigen seiner Bestandteile, des schwefelsauren Ammoniaks und des Superphosphates.

Alles was in dieser Hinsicht über das schwefelsaure Ammoniak und das Superphosphat mitgeteilt worden ist, gilt daher auch für das Ammoniak-Superphosphat.

Dasselbe trifft in analoger Weise zu für die übrigen Mischungen stickstoffhaltiger Substanzen, wie Blutmehl, Hornmehl ꝛc. mit Superphosphat. Wir brauchen daher auf diese Düngergemische hier nicht nochmals näher einzugehen.

Peru-Guano.

Der Guano, dessen Name sich von dem spanischen Wort huano = Mist, Dung, ableitet, besteht zum größten Teil aus den unvollständig zersetzten Exkrementen von Seevögeln, namentlich der Pelikane und Pinguine. Daneben haben die Eier, Federn, Cadaver dieser sowie anderer Seetiere zu seiner Entstehung beigetragen.

Der Guano findet sich in großen Ablagerungen, die jedoch zum Teil bereits abgebaut sind, auf verschiedenen Inseln und Küstenpunkten von Peru, Chile, Westafrika u. s. w.*)

Einen Anhalt über die Mengen, in welchen der Guano produziert wird, möge folgender Auszug aus einem Aufsatze von Dr. W. v. Ohlendorff geben:

Anfang der 70er Jahre wurde die südlichste der drei Chinchas-Inseln, nachdem ungeheure Mengen von Guano von dort verschifft worden waren, verlassen.

Alsbald nahmen die legitimen Bewohner jener Inseln, die Pelikane, von ihren alten Brut- und Wohnstätten neuerlich Besitz, bis gegen die Mitte der 90er Jahre abermals Störenfriede kamen, um den inzwischen produzierten Guano zu verschiffen.

Dieser abermalige Abbau wurde mit einer lobenswerten Gründlichkeit vorgenommen, sodaß ein Angestellter der Verladeunternehmer sagen konnte: „We swept the islands with brooms“ (wir fegten die Inseln mit Besen ab).

Im Dezember 1895 kam Dr. v. Ohlendorff auf diese Inseln und fand ein fast über die ganze Insel ausgedehntes Guanolager vor. Eine Berechnung ergab, daß in etwa $^{5}/_{4}$ Jahren ungefähr 2000 Tonns (1 Tonne = 1000 kg) von den Guanovögeln produziert wurden. Dabei kam der Verfasser auf die Insel, als die ersten

*) Der Chinchas-Guano erfreute sich in früheren Zeiten großer Beliebtheit.

Jungen aus dem Ei krochen, mithin die Fütterungsperiode der damaligen Brutzeit gerade begann.

Wenn man annimmt, daß etwa 7 Nester auf ein Quadratmeter kommen, woran man nicht zweifeln kann, so dürfte die Annahme, daß seiner Zeit etwa 250000 brütende Vögel vorhanden waren, der Wahrheit ziemlich nahe kommen. Zu diesen Weibchen gehören aber auch 250000 Männchen, die gemeinsam je ein Nest — wenn man von einem solchen überhaupt reden darf — mit 2 Jungen besitzen. Natürlich gehen viele Junge ein. Sicherlich aber kann man nach der Brutperiode eine Gesamtzahl von 800000 Stück annehmen. Diese 800000 Stück vertilgen aber ein geradezu fabelhaftes Quantum von Fischen.

Es wurde dem Verfasser von einem Herrn, der mehrere Jahre auf den Chinchas-Inseln gelebt hatte, versichert, daß er im Kropfe eines Pelikans 90 etwa 10 cm lange Sardinen gefunden hätte.

Derartigen Futtermengen entsprechen aber nicht unbeträchtliche Exkremente. Dadurch wird eine Jahresproduktion von 1500 Tons (= 1500000 kg) wohl erklärlich.

Wir sehen hieraus, daß sich die Guanolager immer wieder innerhalb gewisser Zeiträume erneuern können.

Je nach der Zusammensetzung unterscheidet man zwei Hauptgruppen von Guano: die stickstoff- und phosphorsäurehaltigen Guanos und die vorwiegend phosphorsäurehaltigen Guanos.

Die ursprüngliche Entstehung beider ist dieselbe, aber die weiteren Veränderungen, die sie erlitten, verschieden.

Zu der ersteren Gruppe gehören diejenigen Guanosorten, zu denen auch der Peruguano[1]) als wichtigster Repräsentant zählt, — die eigentlichen Guanos. Sie kommen, gleich dem Chilesalpeter, nur in warmen und regenlosen Gegenden vor.

Infolge dieser klimatischen Verhältnisse trocknen die produzierten Exkremente unter dem Einfluß der Sonne schnell aus und werden so vor weitgehenden Zersetzungen geschützt. Der Mangel an atmosphärischen Niederschlägen bewahrt sie vor dem Ausgewaschenwerden.

Aus diesem Umstande, sowie aus der Thatsache, daß die Pelikane, die zu den fleischfressenden Vögeln gehören und deren Gefräßigkeit sprüchwörtlich geworden ist, reichliche und nährstoffreiche Nahrung in Form von Seefischen zu sich nehmen, erklärt sich leicht der oft hohe Gehalt des Guanos an Stickstoff und Phosphorsäure. Daß außerdem auch noch Kali, Kalk 2c. in dem Guano vorhanden sind, versteht sich nach dem Gesagten von selbst.

Sind dagegen die produzierten Exkremente infolge der klimatischen Lage ihrer Ablagerungsstätten, den Einflüssen der atmosphärischen Niederschläge oder des überflutenden Meeres ausgesetzt, so geht die Zersetzung viel schneller und weiter vor sich, und alle löslichen Kali- und Stickstoffverbindungen werden je nach ihrer Natur teils ausgewaschen, teils verflüchtigt, während die Phosphorsäure, als phosphorsaurer Kalk zurückbleibt, zumal wenn noch, wie es häufig der Fall ist, der Untergrund, auf dem die Experimente lagern, aus Kalk besteht.

[1]) Der Name Peruguano rührt daher, daß sich die hauptsächlichsten Guanolager in Peru fanden. Nach dem für letzteres Land unglücklich verlaufenen Kriege mit Chile ist letzteres in den Besitz der Guanolager gelangt.

Hierher gehörten resp. gehören die sogenannten Baker-, Sombrero-, Curaçao-, Arabo-, Mejillones-, Malden-, Phönix-Guano und andere mehr. Diese Guano-Phosphate bestehen hauptsächlich aus Tricalciumphosphat und enthalten nur noch geringe Mengen organischer Substanz. Meist finden sie zur Herstellung von Superphosphaten Verwendung und interessieren uns an dieser Stelle nicht weiter.

Der Peru-Guano wird in Deutschland am weitaus meisten verwendet. Seine Hauptfundorte sind zur Zeit die folgenden:

a) Guanolager auf dem Continent gelegen:

Chipara, Huanillos, Punta de Lobos, Pabellon de Pica, Caramucho, Chanaracha, Patache, Potillos, Independencia Vay, Chimbote, Punta de Macabi.

b) Guanolager auf Inseln gelegen:

Viejas, Ballestas und Sante anno, Chinchas, Santa, Corcorado, Chao, Guanape, Macabi, Lobos de Afuera, Lobos de Tierra.

In Deutschland wird der Peruguano (Füllhornmarke) ausschließlich vertrieben durch die Firma Anglo-Continentale (vorm. Ohlendorffsche) Guano-Werke, dieselbe bringt ihn in den Handel als:

aufgeschlossenen Peru-Guano mit einem garantiertem Gehalte von 7% Stickstoff, $9^1/_2$% wasserlöslicher Phosphorsäure und außerdem 1—2% leichtlösliches Kali enthaltend,

halbaufgeschlossenen Peru-Guano mit einem garantierten Gehalte von 7% Stickstoff, 7% wasserlöslicher Phosphorsäure, 5% ungelöster Phosphorsäure und außerdem 1—2% leichtlösliches Kali enthaltend,

gemahlenen Peru-Guano I mit einem garantierten Gehalt von 7% Stickstoff, 14% Phosphorsäure und außerdem 1—2% leichtlösliches Kali enthaltend,

gemahlenen Peru-Guano II mit einem garantierten Gehalt von 4% Stickstoff, 20% Phosphorsäure und außerdem 2—3% leichtlösliches Kali enthaltend.

Von diesen Sorten wird der aufgeschlossene Peru-Guano am meisten bevorzugt.

Da im Gegensatz zu früheren Zeiten jetzt häufig stickstoffärmere Guanos ausgeschifft werden, so pflegt man dieselben durch Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak auf einen bestimmten Gehalt an Stickstoff zu bringen. Hiergegen ist nichts anderes einzuwenden, als daß das zugesetzte schwefelsaure Ammoniak als Peru-Guano, d. h. teurer bezahlt werden muß.

In neuerer Zeit gelangen jedoch auch wiederum bessere stickstoffreiche Sorten nach Deutschland, sowohl von den Chinchas-Inseln als auch von den Mazorka-Inseln (Huauro Guano).

Ueber die Zusammensetzung des letzteren geben folgende Analysen Aufschluß:

	Nach Stutzer:	Nach Märcker:
Gesamtphosphorsäure	$12_{,67}$ %	$12_{,10}$ %
wasserlösliche Phosphorsäure	$6_{,40}$ "	$5_{,95}$ "
in 2%iger Citronensäure lösliche Phosphorsäure	$5_{,22}$ "	
schwer lösliche Phosphorsäure	$1_{,05}$ "	
Gesamt-Stickstoff	$14_{,03}$ "	$13_{,80}$ "
Ammoniak-Stickstoff	$4_{,37}$ "	$4_{,20}$ "
Amid-Stickstoff		$0_{,20}$ "
Salpetersäure-Stickstoff		$0_{,10}$ "

	Nach Stutzer:	Nach Märcker:
Organischer Stickstoff	9,66 %	9,30 %
Kali	2,76 „	3,05 „
Harnsäure	16,50 „	

Der Peru-Guano des Handels stellt ein charakteristisch riechendes, feinkörniges, gut streubares Pulver dar von bräunlicher Farbe und enthält an Pflanzennährstoffen: Stickstoff, Phosphorsäure als Hauptbestandteile und daneben noch Kali und Kalk.

Der Stickstoff findet sich in gutem Guano hauptsächlich in Form von Harnsäure,[1]) resp. von Zersetzungsprodukten derselben und deren Verbindungen: so als harnsaures Ammoniak, oxalsaures Ammoniak[2]), schwefelsaures Ammoniak, phosphorsaures Ammoniak, kohlensaures Ammoniak, sowie als Guanin.

Die Phosphorsäure ist zum Teil in wasserlöslicher, zum Teil in schwerer löslicher Form vorhanden.

Das Kalium im Guano ist leicht löslich.

Anwendung und Wirkung. Was nun den Wert des Guanos anlangt, so kann man den mit Schwefelsäure aufgeschlossenen Peruguano, der ja am meisten Anwendung findet, am besten einem mit Kalisalzen versetzten Ammoniak-Superphosphat, vor dem er allerdings den Vorzug der besseren Mischung der einzelnen Nährstoffe hat, vergleichen und danach bewerten.

Ueber den Wirkungswert des unaufgeschlossenen, rohen Peruguanos hat vor kurzem Märcker Versuche angestellt.

Er operierte mit Hafer und Gerste in lehmigem Sandboden.

Die zu den Versuchen benutzten Guanosorten enthielten:

Probe:	7	1	6
Stickstoff:	5,74	8,67	14,80
Phosphorsäure:	8,52	9,19	10,91

Die Stickstoffwirkung zeigen folgende Versuchsresultate:

Differenz-Düngung an Stickstoff:

Es wurden geerntet:	Ohne Stickstoff	Je 1,0 g in Form von: Salpeter	Schwefelsaur. Amm.	Guano Nr. 7	Guano Nr. 6	Guano Nr. 1	
Körner und Stroh g	44,76	114,76	118,20	117,22	121,10	108,06	Hafer-Versuch
Stickstoff in Summa	0,3293	1,0101	0,9255	0,9915	1,0155	0,9160	
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	70,06	73,50	72,52	76,40	63,36	
Mehr Stickstoff gegen ungedüngt	—	0,6808	0,6622	0,5962	0,6862	0,5867	
Ertrag durch Salpeter = 100	—	100	104,9	103,5	109,5	90,4	
Körner und Stroh g	37,56	99,30	96,57	94,46	92,39	90,09	Gerste-Versuch
Stickstoff in Summa	0,2772	0,7965	0,7452	0,6732	0,7086	0,6626	
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	61,74	59,01	56,90	54,83	52,53	
Mehr Stickstoff gegen ungedüngt	—	0,5193	0,4680	0,3960	0,4314	0,3854	
Ertrag durch Salpeter = 100	—	100	95,6	92,2	88,8	85,1	

[1]) Die Vögel und Reptilien scheiden den aus deren Blute stammenden Stickstoff bekanntlich zum größten Teil als Harnsäure aus.

[2]) Die Oxalsäure ist ein Spaltungsprodukt der Harnsäure. Das oxalsaure Ammoniak soll nach Liebig lösend auf die in Form von Calciumphosphat vorhandene Phosphorsäure einwirken, in der Weise, daß sich leichtlösliches phosphorsaures Ammoniak und oxalsaurer Kalk bildet. Ob dieses praktisch von Wichtigkeit ist, muß dahingestellt bleiben.

Die Phosphorsäure-Wirkung wird durch folgende Versuchsresultate veranschaulicht. Versuchsfrucht: Hafer. Versuchsboden: Lehmiger Sand.

Differenz-Düngung an Phosphorsäure.

Es wurden geerntet:	Ohne Phosphors.	Je 1,0 g Phosphorsäure in Form von: wasserl. Phosphors.	citratl. Phosphors. in Thomasmehl	Guano Nr. 7	Guano Nr. 6	Guano Nr. 1
Körner und Stroh gr	44,07	147,06	136,72	133,85	137,82	129,90
Phosphorsäure in Summa . . .	0,0574	0,3204	0,2547	0,2266	0,2470	0,2013
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	102,99	92,65	89,78	93,75	85,83
Mehr Phosphors. geg. ungedüngt	—	0,2630	0,1973	0,1692	0,1896	0,1439
Ertrag durch wasserl. Phosphorsäure = 100	—	100	89,96	87,17	91,03	83,34

Stellt man die Endresultate zusammen, so ergiebt sich, daß, wenn man die Stickstoffwirkung des Salpeters = 100 setzt, diejenige des Guanos

bei dem Haferversuch im Mittel 101,1
bei dem Gersteversuch im Mittel 88,7

betrug.

Die Wirkung der Phosphorsäure stellte sich im Durchschnitt auf 87,2 % derjenigen der wasserlöslichen Phosphorsäure.

Beiläufig sei hier erwähnt, daß ähnliche Resultate bei der Prüfung der Düngerwirkung eines Damaraland-Guanos erzielt wurden.

Ohne Zweifel geht aus diesen Versuchen hervor, daß der Guano ein sehr wertvolles Düngemittel ist und den guten Ruf, dessen er sich erfreut, wohl verdient.

Die verschiedenen Stickstoffformen, die in ihm vorhanden sind, befähigen ihn, einesteils eine schnelle, anderenteils aber auch eine anhaltende Wirkung zu äußern.

Da die Nährstoffe in dem Peru-Guano jedoch etwas teurer sind als in anderen gleichartigen Düngemitteln, so wird der Landwirt durch Versuche und Rechnung zu prüfen haben, ob die eventuellen Vorteile, die der Peruguano für seine speziellen Bodenverhältnisse besitzt, seine Verwendung gerechtfertigt erscheinen lassen oder aber, ob er nicht denselben Erfolg durch eine billigere Düngung mit Ammoniak-Superphosphat oder Salpeter und Superphosphat, vielleicht unter gleichzeitiger Mitverwendung von organischen Düngemitteln, wie Blutmehl, Fleischmehl 2c. erreichen kann.

Im übrigen eignet sich der Peruguano für alle Bodenarten und Pflanzen. Besonders wird seine Anwendung häufig zur Gewinnung guter Braugerste empfohlen.

Will man rohen Guano verwenden, so eignet sich derselbe mehr für leichte thätige Böden, während der aufgeschlossene Guano für die schwereren Böden den Vorzug verdient.

Damaraland-Guano.

Der Damaraland-Guano wird aus Deutsch-Südwestafrika importiert und besitzt eine dem Peruguano ähnliche Zusammensetzung. So fand Märcker in einer Probe desselben:

Gesamtstickstoff	$9,_{32}$ %	Gesamtphosphorsäure	$11,_{26}$ %
Ammoniakstickstoff . .	$6,_{30}$ %	Wasserlösliche Phosphorsäure	$4,_{40}$ %
Salpeterstickstoff . . .	—	Citratlösliche Phosphorsäure	$5,_{91}$ %
Organischer Stickstoff	$3,_{02}$ %	(Nach Petermann)	

Auch bezüglich seiner Düngewirkung steht er dem Peruguano nahe. Märcker konstatierte, daß seine Stickstoffwirkung $95,_{3}$ % der Salpeterwirkung betrug, während seine Phosphorsäurewirkung $79,_{27}$ % der Wirksamkeit der wasserlöslichen Phosphorsäure ausmachte.

Fledermausguano.

Der Fledermausguano findet sich in größeren Massen in manchen Höhlen verschiedener Gegenden vor. Die besseren Sorten enthalten nach Heiden im Mittel:

Wasser	$13,_{3}$—$23,_{4}$ %	Phosphorsäure . . .	$2,_{3}$— $3,_{2}$ %
Organische Stoffe .	$56,_{5}$—$73,_{0}$ %	Kalisalze	$1,_{6}$— $2,_{1}$ %
Stickstoff	$9,_{4}$—$12,_{3}$ %	Ammoniak	$5,_{3}$—$14,_{8}$ %

Eine besondere landwirtschaftliche Bedeutung besitzt der Fledermausguano nicht.

Fischguano.

(Norwegischer Fischguano, Walfisch- oder Polarguano, Granatguano.)

Der sogenannte Fischguano, auch norwegischer Fischguano, richtiger aber Fischmehl genannt, kommt seit einiger Zeit in nicht unbeträchtlichen Mengen auf den Markt.

Anfänglich lediglich aus bei der Zubereitung verschiedener Seefische, wie Sprotten, Heringe, Dorsch, Kabliau, Stockfisch 2c. entstehenden Abfällen hergestellt, werden jetzt auch ganze Seetiere, besonders Heringe und Krebstiere zu seiner Gewinnung verwendet.

Die Fabrikation von Fischguano wird in vielen Ländern, in Neufundland, Norwegen, Frankreich, England und auch in Deutschland betrieben.

Die zur Fabrikation bestimmten Massen werden zuerst gedämpft und sodann getrocknet und gemahlen.

Weigelt hat eine andere Methode zur Herstellung in Anwendung gebracht. Er läßt die Fischabfälle mit 5—10 % Kalisalzen einpökeln und sodann trocknen und mahlen. Das so gewonnene Produkt soll cirka 8—10 % Stickstoff, 8—10 % Kali und 5—6 % Phosphorsäure enthalten.

Gegenwärtig gelangt der Fischguano in ziemlich feinpulveriger Beschaffenheit in den Handel.

Auch im aufgeschlossenen Zustande wird der Fischguano geliefert.

Die Zusammensetzung des Fischguano's ist je nach der Natur der zur Herstellung verwendeten Rohmaterialien verschieden. Der Stickstoffgehalt soll zwischen 5—12 %, der Phosphorsäuregehalt zwischen 4—16 % schwanken. Der Gehalt an Kali ist meist gering.

Das auf der städtischen Abdeckerei in Hamburg gewonnene Fischmehl enthält nach Analysen der Versuchsstation Kiel und Halle folgende Nährstoffmengen:

	Kiel	Halle
Gesamtstickstoff	$8,_{80}$ %	$8,_{80}$ %
Ammoniakstickstoff	$0,_{37}$ "	—
Phosphorsäure	$4,_{91}$ "	$4,_{50}$ "
Kali	$1,_{11}$ "	$1,_{35}$ "
Kalk	—	$2,_{80}$ "

Märcker hat Vegetationsversuche mit Fischguano angestellt.

Er benutzte zwei norwegische Fischguanos:

Es enthielt

	Fischguano I	Fischguano II
Stickstoff	11,81 %	9,27 %
Phosphorsäure	4,51 "	12,06 "

Die Stickstoffwirkung wurde mit Gerste und Hafer im lehmigen Sandboden ermittelt und ergab folgendes:

Differenz-Düngung an Stickstoff.

Es wurden geerntet: in g:	Je 1,0 g Stickstoff in Form von: Ohne Stickstoff	Salpeter	Fisch-guano I	Fisch-guano II	
Körner und Stroh	44,70	114,76	114,40	75,27	
Stickstoff in Summa	0,3293	1,0101	0,8660	0,5696	
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	70,06	69,70	30,57	Hafer-Versuch
Mehr Stickstoff gegen ungedüngt	—	0,6808	0,5367	0,2403	
Ertrag d. Salpeters = 100 .	—	100	99,5	43,6	
Körner und Stroh.	37,56	99,30	86,62	64,91	
Stickstoff in Summa	0,2772	0,7965	0,6775	0,5003	
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	61,74	49,06	27,35	Gerste-Versuch
Mehr Stickstoff gegen ungedüngt	—	0,5193	0,4003	0,2231	
Ertrag d. Salpeters = 100 .	—	100	79,5	44,3	

Die Phosphorsäurewirkung, die durch Haferversuche in leichtem Sandboden festgestellt wurde, wird durch folgende Resultate zum Ausdruck gebracht.

Differenz-Düngung an Phosphorsäure.

Es wurden geerntet; in g	Je 0,5 g Phosphorsäure in Form von: Ohne Phosphorsäure	Wasserlöslicher Phosphorsäure	Fisch-guano I fein gem.	Fisch-guano II grob gem.	Fisch-guano II fein gem.
Körner und Stroh	44,07	147,06	114,85	106,43	119,32
Phosphorsäure in Summa . .	0,0574	0,3204	0,1990	0,1658	0,2007
Mehr Erntemasse geg. ungedüngt	—	102,99	70,78	62,46	75,25
Mehr Phosphors. geg. ungedüngt	—	0,2630	0,1416	0,1084	0,1433
Ertrag der wasserl. Phosphorsäure = 100	—	100	68,72	60,65	73,06

Ohne auf Einzelheiten eingehen zu wollen, zeigen die Zahlen, daß die Phosphorsäure des feingemahlenen Fischguanos eine Wirkung von ungefähr 70 % derjenigen der wasserlöslichen Phosphorsäure ausgeübt hat und daß sich die Stickstoffwirkung auf 99,5 resp. 79,5 % (bei Fischguano I), auf 43,6 resp. 44,3 % (bei Fischguano II) der Salpeterwirkung beläuft.

Wagner berechnet die Wirkung des Stickstoffs in Form von Fischmehl bekanntlich zu 53 % der Salpeterwirkung. Johnson und Jenkins fanden in verschiedenen Jahren, daß der Wirkungswert des Stickstoffs im Fischguano 76,3 resp. 68 % resp. 70,3 %

desjenigen des Nitratstickstoffs betrug, wenn man den geernteten Stickstoff bei der Berechnung zu Grunde legt, wie es Wagner thut.

Die Ausnutzung sowohl des Stickstoffs als auch der Phosphorsäure im Fischguano kann man daher als eine befriedigende bezeichnen.

Im allgemeinen empfiehlt sich die Anwendung des Fischguanos auf leichteren thätigen Bodenarten als Herbstdüngung für Wintergetreide. Wie der Peruguano, soll auch der Fischguano für die Düngung von Gerste gut geeignet sein.

Dem Fischguano sehr nahe, sowohl hinsichtlich seiner Zusammensetzung, als auch wohl bezüglich der Wirkung steht der Walfisch- oder Polarguano, welcher aus den bei der Verarbeitung der Robben und Walfische entstehenden Abfällen gewonnen wird, sowie der Granatguano, den man aus kleinen Seekrebsen, den Granaten, (Cragon vulgaris) herstellt.

Das Knochenmehl.

Wenn auch dem Knochenmehl in Hinblick auf die relativ geringen Mengen des zu Fabrikationszwecken verfügbaren Rohmaterials schon aus diesem Grunde bestimmte Grenzen für seine Verwendung gezogen sind, so ist es doch neben dem Peruguano eines der ältesten Handelsdüngemittel.

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung der Knochendüngemittel, die tierischen Knochen, besteht, wenn wir den Wassergehalt unberücksichtigt lassen, im wesentlichen aus 3 Hauptbestandteilen: 1) aus einer stickstoffhaltigen, dem Eiweiß nahestehenden Substanz, dem sogenannten leimgebenden Gewebe, 2) aus Fett, 3) aus dem unverbrennlichen Rückstande, der Knochenasche.

Die Knochenasche besteht ihrerseits zum größten Teil aus phosphorsaurem Kalk, daneben finden sich schwefelsaurer Kalk, kohlensaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia, häufig auch noch kleine Mengen Fluorcalcium.

Je nach der Natur der Knochen, ihrer Herkunft 2c. kann ihre Zusammensetzung und damit natürlich diejenige der Knochenmehle außerordentlich schwanken, wie u. a. die umfangreichen Untersuchungen von Holdefleiß gelehrt haben.

Derselbe fand für die Knochen eines ganzen Rinderskeletts folgende Zahlen:

		im Durchschnitt vom ganzen Rinderskelett:
Feuchtigkeitsgehalt	zwischen $5,_{9}$—$24,_{8}$ %	$11,_{3}$ %
Fettgehalt	„ $1,_{9}$—$33,_{6}$ „	$14,_{6}$ „
Leimsubstanz	„ $20,_{3}$—$33,_{3}$ „	$24,_{6}$ „
Stickstoffgehalt	„ $2,_{8}$—$4,_{9}$ „	$3,_{8}$ „
Knochenerde	„ $36,_{5}$—$59,_{5}$ „	$48,_{5}$ „

Bezogen auf das ganze Rinderskelett enthält die Knochenerde der frischen Knochen nach Holdefleiß:

Phosphorsäure	$19,_{12}$ %
Kohlensäure	$2,_{94}$ „
Schwefelsäure	$0,_{13}$ „
Kalk	$25,_{34}$ „
Magnesia	$0,_{48}$ „
Summa	$48,_{01}$ %

Die verschiedenen Bestandteile der Knochen finden sich in denselben in ungemein inniger Mischung und bedingen dadurch deren charakteristische Eigenschaften: Härte und Elastizität.

Wie die vielfachen Ausgrabungen oft sehr lange gelagerter und unversehrt gebliebener Knochen zur Genüge beweisen, sind die ganzen Knochen ungemein widerstandsfähig gegen die zersetzenden Einflüsse der Erde.

Auch die grob zerkleinerten Knochen sind dieser Eigenschaft wegen für Düngungszwecke nicht brauchbar.

Eine möglichst feine Mahlung ist vielmehr eine Hauptbedingung für die Zersetzung der Knochen im Boden. Aber sie genügt nicht allein. Auch der Fettgehalt spielt bei der Zersetzung eine große Rolle. Je größer der Fettgehalt eines Knochenmehls ist, und dasselbe gilt für die übrigen Düngemittel, um so geringer ist seine Zersetzung, denn das Fett schützt die übrigen Bestandteile vor der Feuchtigkeit und damit vor der Zersetzung.

Es ist daher Aufgabe bei der Verwertung der Knochen zu Düngepräparaten, dieselben möglichst feinpulverig und fettfrei darzustellen.

Die Entfettung der Knochen wird in der Technik durch Extrahieren mit Benzin resp. ähnlichen Stoffen, sowie durch Kochen und Dämpfen bewirkt. Durch die letzten Manipulationen wird zugleich erreicht, daß die Knochen mürbe werden und sich besser und feiner mahlen lassen.

Allerdings wird durch das Kochen und Dämpfen auch ein Teil der leimgebenden Substanz, die sich durch Wasser extrahieren läßt, (Leimfabrikation) entfernt, und zwar geschieht dieses in umso höherem Maße, je länger das Wasser einwirkt.

Dadurch wird das resultierende Knochenmehl nicht nur stickstoffärmer, sondern auch insofern weniger wertvoll, als man annimmt, daß gerade durch die Verwesung der die mineralischen Bestandteile innigst durchsetzenden Leimsubstanz auch jene der Pflanze leichter und schneller zugänglich werden.

In neuerer Zeit schließt man das Knochenmehl auch wiederum ganz oder halb mit Schwefelsäure auf.

Je nach der Herstellung und je nach dem verwendeten Rohmaterial unterscheidet man im Handel verschiedene Sorten Knochenmehle.

Heinrich beschreibt die Hauptsorten wie folgt:

1) Das sogenannte Normal-Knochenmehl. Hier werden die Knochen mit Benzin entfettet, darauf kurze Zeit mit gespannten Wasserdämpfen behandelt. Letzteres geschieht teils zur Beseitigung des Entfettungsmittels, des Benzins, teils um die Knochen in einen mürben Zustand überzuführen. Auf diese Weise wird das gehaltreichste Knochenmehl gewonnen; denn durch Entfernung des Fettes aus den Knochen wird der relative Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure erhöht.

Solches Knochenmehl enthält ungefähr $4{,}_8$—$5{,}_3$% Stickstoff und 20—22% Phosphorsäure. Der Fettgehalt des Mehles wird bis auf 2% und weniger herabgedrückt. Die Mahlung ist meistens weniger gut, weil der hohe Leimgehalt die Mahlung erschwert.

2) Das gedämpfte Knochenmehl. Die Knochen werden mit gespannten Wasserdämpfen längere Zeit gedämpft oder (in kleineren Fabriken) mit Wasser gekocht; durch das Dämpfen, mehr noch durch das Kochen, wird den Knochen zwar der größte Teil des Fettes, gleichzeitig aber auch ein großer Prozentsatz Leim entzogen.

So hergestelltes Knochenmehl ist deshalb stickstoffärmer und phosphorsäurereicher. Bei den gewöhnlichen Sorten des gedämpften Knochenmehls beträgt der Gehalt an Stickstoff 3—4%, der Phosphorsäuregehalt 22—24%.

3) Indisches Knochenmehl. In neuerer Zeit wird über England Knochenmehl aus Indien (Calcutta und Bombey) eingeführt, welches seinem Gehalte nach hier eingereiht werden muß.

Dasselbe wird zwar, wie es scheint, aus ungedämpften aber fast fettfreien Knochen hergestellt. Infolge des längeren Liegens der Knochen in der glühenden indischen Sonne scheint das Fett zersetzt zu werden, während die Leimsubstanz erhalten bleibt.

Das importierte Mehl enthält rund 8 % Feuchtigkeit, 27 % organische Substanzen mit $3_{,5}$—4 % Stickstoff und etwa 24 % Phosphorsäure.

4) Das entleimte Knochenmehl. Den Knochen wird die Leimsubstanz zur Leimgewinnung absichtlich entzogen, es restieren dann Knochen mit sehr wenig Stickstoff, etwa $0_{,7}$—$1_{,5}$ %, aber hohem Phosphorsäuregehalt 27—30 % und mehr.

Durch stickstoffreiche Zusätze (Horn, Haare, Fleisch, Leim u. s. w.) wird häufig versucht, diesem Knochenmehl die chemische Zusammensetzung des gedämpften Knochenmehls zu geben.

Es ist deshalb bei dem Einkauf des Knochenmehls Garantieleistung darüber nötig, daß das Knochenmehl ohne stickstoffhaltige Zusätze hergestellt ist.[1])

5) Aufgeschlossenes Knochenmehl. Das Knochenmehl wird, wie bei der Superphosphatfabrikation, mit Schwefelsäure behandelt und hierdurch die Phosphorsäure zum Teil (bei Normal- und gedämpftem Knochenmehl) oder fast vollständig (bei dem entleimten Knochenmehl) im Wasser löslich gemacht. Bei dem Normal- und gedämpften Knochenmehl ist man gewöhnlich nur imstande, etwa die Hälfte der Phosphorsäure in den wasserlöslichen Zustand überzuführen, weil der hohe Leimgehalt dieses Mehles einen größeren Zusatz von Schwefelsäure nicht aufnimmt und dann das Knochenmehl schmierig wird. Auf Grund neuerer Erfahrungen stellt man gegenwärtig ein Fabrikat her, welches nur angesäuert ist; man setzt hierbei dem Knochenmehl so wenig Schwefelsäure zu, daß nur wenige Prozente Phosphorsäure in den wasserlöslichen Zustand übergehen. Auf diese Weise bewirkt man ein besseres Mürbewerden der Knochensubstanz und, wie die Erfahrungen ergaben, auch eine gute Wirkung der Knochen-Phosphorsäure. Bei dem entleimten Knochenmehl, wo die Leimsubstanz bis auf einen kleinen Rest entfernt ist, kann man die vorhandene Phosphorsäuremenge durch Schwefelsäure-Zusatz nahezu vollständig in Wasser löslich machen. Das Präparat ist dann also eigentlich ein Superphosphat mit sehr geringem Stickstoffgehalt.

Fermentiertes Knochenmehl wird in der Weise gewonnen, daß man gedämpfte Knochen über einander schichtet und sie der Selbsttrocknung überläßt. Nach kurzer Zeit beginnen die so gelagerten Massen sich zu zersetzen, zu fermentieren. Durch die hierbei entwickelte Wärme wird das Wasser verdunstet. Da aber der Fermentationsprozeß zugleich mit einer Zersetzung der für die Wirkung der Knochenmehle so außerordentlich wichtigen Leimsubstanz verbunden ist, ist man von dieser Fabrikationsmethode gänzlich abgekommen.[2])

Die für die Düngung in Betracht kommenden Bestandteile des Knochenmehls sind der Stickstoff und die Phosphorsäure.

---

[1]) Durch die chemische Untersuchung läßt sich ein derartiger Zusatz unschwer nachweisen.

[2]) Aus demselben Grunde ist es notwendig, daß der Landwirt, wenn er grobes Knochenmehl vor der Verwendung anfaulen lassen will, um die Wirkung zu befördern, die betreffende Mischung von Knochenmehl und Jauche mit Gyps oder Erde bedeckt, um sie vor Stickstoffverlusten zu schützen.

Die Wirkung des Stickstoffs im Knochenmehl ist seiner Natur entsprechend und wie allgemein anerkannt eine verhältnismäßig gute.

Wagner nimmt sie nach seinen Versuchen im Mittel zu 53 % derjenigen des Salpeterstickstoffes an. Andere Forscher sind zu etwas höheren Zahlen gelangt. So fand Märcker, um nur ein Beispiel anzuführen, bei früheren Versuchen, daß der Stickstoff des Knochenmehls annähernd denselben Wirkungswert besitzt wie der Salpeterstickstoff. Bei späteren Versuchen ergab sich bezüglich des Knochenmehl-Stickstoffs eine Wirkung von $67{,}9$ bezw. $64{,}0$ % gleicher Menge Stickstoff in Form von Salpeter. Heinrich nimmt den Wirkungswert des Knochenmehl-Stickstoffs zu 66—75 % desjenigen von Salpeterstickstoffs an.

Wichtiger für die Beurteilung der Knochenmehle ist die Wertschätzung ihrer Phosphorsäure, die ja doch den Hauptbestandteil derselben ausmacht.

Die Phosphorsäure in dem halbaufgeschlossenen resp. ganz aufgeschlossenen Knochenmehlen entspricht sowohl hinsichtlich ihrer Form wie ihrer Wirkung derjenigen des Präcipitats resp. des Superphosphats. Auch hierüber herrschen keine Meinungsverschiedenheiten.

Anders liegen aber die Verhältnisse betreffs der Beurteilung des Wertes der Phosphorsäure in den unaufgeschlossenen Knochenmehlen. Hier herrscht ein großer Widerstreit der Meinungen. Während man früher allgemein auf Grund praktischer Erfahrungen annehmen zu dürfen glaubte, daß die Phosphorsäure der Knochenmehle von den Pflanzen gut ausgenutzt würde, wurde vor mehreren Jahren durch die Arbeiten von Wagner, sowie von Märcker und Steffeck ein Umschwung der Ansichten herbeigeführt.

Wagner folgerte aus seinen Vegetationsversuchen, daß die Wirkung der Knochenmehl-Phosphorsäure bisher sehr überschätzt worden wäre. Wenn man die ertragssteigernde Wirkung der wasserlöslichen Phosphorsäure = 100 setzt, so stellt sich nach Wagner die Wirkung einer gleich großen Menge Phosphorsäure im gedämpften Knochenmehl auf 10.

Märcker schloß sich auf Grund seiner Arbeiten dem Urteile Wagner's über die Knochenmehl-Phosphorsäure an. Er präzisierte seinen Standpunkt zu dieser Frage u. a. durch folgende Worte: „Die Phosphorsäure der Knochenmehle, — gleichgiltig ob sie entleimt, unentleimt oder gedämpft sind, ob in erster, zweiter oder dritter Tracht — ist überhaupt keine wirksame Form für Düngezwecke; es ist die höchste Zeit, daß die rohen und gedämpften Knochenmehle aus der Reihe der phosphorsäurehaltigen Düngemittel ausscheiden. So wie man schon lange die mineralischen Phosphate nur unter außergewöhnlichen Verhältnissen anwendet, soll man auch in Zukunft die rohen und gedämpften Knochenmehle für die durchschnittlichen Verhältnisse der Boden nicht mehr zur Verwendung bringen."

Hierdurch wird also der Knochenmehl-Phosphorsäure jeglicher Wert abgesprochen.

Demgegenüber muß nun allerdings hervorgehoben werden, daß andererseits manche Versuche vorliegen, so von J. Kühn, B. Schulze, Holdefleiß, Mareck, Stahl-Schröder, nach welchen sich die Phosphorsäure des Knochenmehls als ein durchaus aufnahmefähiger und oft sogar sehr wirksamer Dünger erwiesen hat, und auch Märcker hat bei neueren Versuchen mit verschiedenen Knochenmehlen wesentlich bessere Erfolge wie früher erzielt.

Bei einem Versuche, welcher zur Ermittelung der Phosphorsäurewirkung einiger

Knochenmehle auf leichtem Sandboden mit Hafer angestellt wurde, ergaben sich folgende Resultate:

	Wenn man die durch wasserlösliche Phosphorsäure erzielten Erträge = 100 setzt, so wurde durch die gleiche Menge Phosphorsäure in Form von Knochenmehl geerntet: an Pflanzenmasse	an Phosphorsäure
durch Schleifmehl ($4{,}_{93}$% N, $11{,}_{34}$% P_2O_5)	$68{,}_{71}$	$53{,}_{0}$
gedämpftes, entleimtes Knochenmehl ($1{,}_{20}$% N, $28{,}_{36}$% P_2O_5)	$64{,}_{79}$	$41{,}_{8}$
gedämpftes Knochenmehl ($3{,}_{14}$% N, $21{,}_{89}$% P_2O_5)	$61{,}_{72}$	$45{,}_{4}$
ungedämpftes, entfettetes Knochenmehl ($4{,}_{69}$% N, $19{,}_{58}$% P_2O_5)	$61{,}_{72}$	$50{,}_{5}$
Mittel	$64{,}_{2}$	$47{,}_{7}$

Nach Lage der Dinge ist es schwer, ein zutreffendes Urteil über die Phosphorsäurewirkung der Knochenmehle zu gewinnen. Jedenfalls aber dürfte es wohl nicht so aussichtslos um dasselbe bestellt sein, wie man zeitweise angenommen hat.*)

Bei seiner Anwendung dürfte es sich empfehlen, dasselbe möglichst frühzeitig anzuwenden und den Bodenverhältnissen entsprechend so unterzupflügen, daß es sich gut zersetzen kann. Leichtere thätige Bodenarten dürften für seine Anwendung am ehesten in Betracht kommen.

Dünge-Fleischmehl, Tierkörpermehl, Kadavermehl, Fleischknochendünger u. s. w.

Unter diesen Namen werden Präparate in den Handel gebracht, welche teils aus den bei der Fleischextrakt-Fabrikation übrig bleibenden tierischen Bestandteilen, wie Knochen, Lunge, Leber, Eingeweide (Fray Bentos Guano), teils durch die Verarbeitung von Abdeckerei-, sowie von Schlachthof- und Wasenmeisterei-Abfällen, wie ganzer gefallener Tiere, oder unbrauchbarer Fleischabfälle 2c. gewonnen werden.

Die Verarbeitung dieser Massen beruht in der Hauptsache darauf, daß die Kadaver resp. Abfälle zunächst der Einwirkung hochgespannter Wasserdämpfe ausgesetzt werden, teils um sie zu sterilisieren, teils um sie zu entfetten und zu entleimen, teils um sie zur weiteren Verarbeitung geschickt zu machen. Alsdann werden sie in besonders konstruierten Apparaten getrocknet und gemahlen (Fleischmehl, Kadavermehl).

In anderen Fabriken werden die Abdeckerei- und Schlachthaus-Abfälle mit Schwefelsäure behandelt, das sich auf der Oberfläche ansammelnde Fett abgeschöpft und der restierenden Masse Knochenmehl zugesetzt. (Fleischknochendünger.)

Die Einführung aller derartigen Präparate in die Landwirtschaft ist, sofern sie einen angemessenen Preis besitzen, sehr zu begrüßen, da sie uns weitere, einheimische Quellen zur Deckung unseres Bedarfes an Pflanzennährstoffen erschließt.

*) So haben Versuche aus allerneuester Zeit von Kellner und Böttcher gezeigt, daß die Knochenmehl Phosphorsäure bei Herbstanwendung bereits im ersten Jahre eine recht ansehnliche Wirkung (circa 60% derjenigen der Superphosphat-Phosphorsäure) zu entfalten vermag, wenn der Boden nicht zu kalkreich ist, da der Kalk, wie dieses experimentell festgestellt wurde, die Wirksamkeit der Knochenmehl-Phosphorsäure beträchtlich herabgesetzt. Es empfiehlt sich daher Knochenmehl nicht auf frisch gekalktem oder von Natur aus kalkreichem Boden anzuwenden.

Der Nährstoffgehalt dieser Düngemittel kann sehr schwanken, und es ist daher geboten, dieselben entweder nach fest garantiertem Gehalt oder nach Analysenausfall zu kaufen.

Es sollen hier einige Analysen von obengenannten Präparaten mitgeteilt werden.

Bezeichnung	Gesamt-stickstoff %	Ammon.-stickstoff %	Gesamt-Phosph.-säure %	Kali %	Kalk %	Nach Analysen der Versuchs-station
Tierkörpermehl	7,24	—	12,33	—	—	Pommritz
"	10,39	—	6,25	—	—	"
"	7,06	—	11,24	—	—	"
"	8,89	—	5,94	—	—	"
Hamburger Fleischmehl	8,95	—	5,85	1,10	3,90	Halle
(= Kadavermehl) . .	8,67	0,20	6,39	0,90	—	Kiel
Kadavermehl	7,62	—	10,77	—	—	Marburg
Fleischabfälle	4,70	0,33	4,02	—	8,73	Bonn
"	4,25	0,079	3,73	—	6,47	Jena
Fleisch-, Blut-, Knochen-Dünger (animal. Patent Guano)	2-4%	—	9-15%	0,5-1%		

Diese Präparate stellen recht brauchbare Düngemittel dar und eignen sich, wie alle organischen Düngemittel, vornehmlich für die leichteren Bodenarten.

Der Wirkungswert des Stickstoffes dieser Dünger ist befriedigend.

Dietrich erntete durch eine Differenz-Düngung mit gleichen Mengen Stickstoff in Form von

	Gerste	Hafer
Chilesalpeter	32,2	25,6
Fleischmehl (entfettet)	22,9	27,5
" (nicht entfettet)	23,3	21,9
Ohne Stickstoff	14,3	10,3

Märcker erhielt für die Stickstoffwirkung des Fleischmehles folgende Werte, bezogen auf Salpeter = 100.

	Ernte an Pflanzenmasse	Stickstoff in der Ernte
Salpeter	100,0	100
Fleischmehl (nicht entfettet) . .	56,0	48,1
" (entfettet	73,1	64,4

Wagner berechnet den Wirkungswert des Fleischmehles zu 53 % der Wirkung des Salpeters.

Pfeiffer konstatierte für den Fleischknochendünger eine Stickstoffwirkung, die 66 % derjenigen von Salpeter ausmachte.

Ueber die Phosphorsäurewirkung dieser Düngemittel liegen meines Wissens keine besonderen Versuche vor. Man wird nicht fehl gehen, wenn man dieselbe der Knochenmehl-Phosphorsäure gleichsetzt.

Die wichtigsten kalihaltigen Düngemittel.

Allgemeines. Das Kalium besitzt als Pflanzennährstoff eine große Wichtigkeit für das Pflanzenleben; ohne seine Gegenwart vermögen die Pflanzen nur kümmerlich zu vegetieren, um bald abzusterben. Die Rolle, die das Kalium im Pflanzenleben

spielt, seine physiologische Funktion, ist noch nicht völlig aufgedeckt, doch hat man allen Grund anzunehmen, daß die Chlorphyllkörner bei Abwesenheit von Kalium nicht imstande sind, ihre assimilatorische Thätigkeit auszuüben, daß die Pflanze also keine Kohlehydrate, die ja doch zu ihrer Entwickelung absolut notwendig sind, bilden kann. Und in der That hat es sich gezeigt, daß bestimmte Beziehungen des Kaliums zur Erzeugung von Kohlehydraten, also von Stärke und Zucker, auch insofern bestehen, als eine Pflanze nur dann in normaler Weise und Menge Stärke und Zucker in ihren Reserveorganen ablagert, wenn ihr genügend Kali in der Nahrung zu Gebote steht und als ein Mangel von Kali sich durch eine ungenügende Bildung von Kohlehydraten kund thut.

Dieses zu wissen ist natürlich für den Landwirt von größter Bedeutung, da ja der Anbau vieler Früchte, so namentlich der Rüben, Kartoffeln, Gerste ꝛc. auf die Erzielung möglichst großer Mengen von Zucker resp. von Stärke, also von Kohlehydraten hinausläuft.

Wir wollen deshalb das Gesagte durch einige Angaben belegen.

Den Zusammenhang zwischen der Kalidüngung und der Zuckerbildung zeigen folgende Versuchsergebnisse Hellriegels.

Kali in der Düngung g	Rüben g	Zucker %		Zucker in der Trockensubstanz	
6,594	804	13,9	13,5	68,8	68,3
2,826	784	12,8		66,3	
1,884	844	13,6		69,0	
1,130	696	13,8		69,0	
0,848	647	10,9	10,1	62,0	59,5
0,565	538	11,2		61,5	
0,283	268	8,2		55,0	
0,000	44	—		—	

Bezüglich des Zusammenhanges des Stärkegehaltes der Kartoffeln mit der Kalidüngung mögen folgende von Märcker gewonnene Versuchsresultate als Beispiel dienen:

Düngung		Ernte an Knollen g	Stärke %	Stärke in der Ernte g
Ohne Kali		776,6	14,52	112,8
2,3756 g Kali als:	schwefels. Kalium	1175,6	15,89	187,0
	Chlorkalium	1363,9	15,92	217,5
	phosphors. Kalium	1245,4	14,35	178,3
4,7512 g Kali als:				
	schwefels. Kalium	1522,6	17,30	263,5
	Chlorkalium	1719,2	16,67	286,5
	phosphors. Kalium	1544,6	16,48	254,8

Bei Düngungsversuchen mit Gerste wurden von demselben Versuchsansteller erzielt:

Düngung	Ertrag an Körnern g	Stärke %	Stärke in der Ernte g
Ohne Kali (0,12 g nachgedüngt)	20,9	42,73	8,93
1,7817 g Kali als:			
Chlorkalium	123,9	51,00	63,19
phosphorsaures Kalium	109,8	50,80	55,78

Auf einige andere Einwirkungen, die eine Düngung mit Kalisalzen auf die Zusammensetzung der Pflanzen ausüben kann, werden wir weiter unten noch zu sprechen kommen.

Ueber die quantitative Wirkung des Kalis liegen u. a. Versuche von Hellriegel, Wilfarth und ihren Mitarbeitern vor, welche fanden, daß je 1 kg Kali (K_2O) erzeugen kann: bei Gerste . . . . 73,2 kg Stroh und Spreu und 55,1 kg Körner
„ Hafer . . . . 66,2 „ „ „ „ „ 38,9 „ „
„ Lupinen . . . 98,8 „ „ „ „ „ 41,4 „ „
„ Erbsen . . . 62,1 „ „ „ „ „ 44,1 „ „

Es ist viel darüber gestritten worden, ob das Kalium teilweise oder ganz durch das Natrium, welches bekanntlich an und für sich für die Ernährung der Pflanzen entbehrlich ist, vertreten werden kann. Nach den exakten Versuchen, die in dieser Richtung in der letzten Zeit von verschiedenen Seiten angestellt worden sind, scheint nun unzweifelhaft hervorzugehen, daß das Natrium thatsächlich imstande ist, das Kalium zum Teil zu vertreten. Das Natrium kann zwar das Kalium nie vollständig ersetzen, wenn aber das Kalium in für die Bedürfnisse der Pflanzen nicht genügenden Mengen vorhanden ist, so vermag das Natrium entschieden fördernd auf den Ertrag zu wirken. Je mehr Kalium den Pflanzen zu Gebote steht, um so weniger Natrium nehmen sie auf — und umgekehrt.

Auf die praktische Bedeutung dieses Umstandes werden wir später hinweisen.

Die verschiedenen Kaliverbindungen, die dem Landwirte zu Düngungszwecken zur Verfügung stehen und auf die wir weiter unten zu sprechen kommen werden, sind alle im Wasser leicht löslich und unterscheiden sich also dadurch wesentlich von den Stickstoff- und Phosphorsäure-Düngern.

Es hat sich herausgestellt, daß die Pflanzen die verschiedenen Kalisalze an sich, d. h. in reiner Form, annähernd gleich gut auszunutzen vermögen, und wir werden später zeigen, daß das Kali auch in Form der verschiedenen Handelsdüngemittel durchschnittlich gleich gut wirkt.

Im großen und ganzen kann man annehmen, daß 40—60 % des Kalis der Düngung im ersten Jahre von den Pflanzen aufgenommen werden.

Bezüglich ihrer Absorption im Boden stehen die Kaliverbindungen zwischen den Nitraten, die, wie wir gesehen haben, garnicht und den Phosphaten, die sehr fest und energisch von den Bodenbestandteilen absorptiv gebunden werden.

Als Hauptträger der Kaliabsorption im Boden müssen wir die sehr umsetzungsfähigen Zeolithe ansehen, welche Verbindungen der Kieselsäure mit Kalk, Magnesia, Natron, Eisenoxyd, Thonerde ꝛc. darstellen.

Die Absorption geht nun in der Weise von statten, daß das Kali an Stelle des Kalkes in die Zeolithe eintritt — ein Prozeß, der leicht vor sich geht — während der freigewordene Kalk sich mit der im ursprünglichen Kalisalz enthalten gewesenen Säure verbindet.

War das Kali z. B. an Salzsäure gebunden, so wird sich Chlorcalcium bilden, während Gips entstehen würde, falls man schwefelsaures Kalium zur Düngung verwendete.

Da nun das Chlorcalcium im Gegensatz zum Gips in Wasser sehr leicht löslich ist, so folgt hieraus, daß eine Kalidüngung unter Umständen entkalkend auf den Boden einwirken kann. Es ist dieses ein Umstand, der in der Praxis sorgfältige Beachtung verdient.

Andererseits kann aus den kalihaltigen Zeolithen durch die Einwirkung von Natron-, Kalk- und Magnesiasalzen das Kalium wiederum in Freiheit gesetzt werden, indem das Metall des einwirkenden Salzes an seine Stelle tritt. Auf dieser Eigenschaft beruht ja auch, wie wir noch sehen werden, z. B. die Wirkung des Gipses 2c.

Da nun derartige Umsetzungen im Boden durch mannigfache Verhältnisse bedingt sein können, so geht daraus hervor, daß das Kali im Boden, trotzdem es absorptiv gebunden wird, dennoch sehr viel freier beweglich ist als die Phosphorsäure, und dieses ist natürlich bei der Düngung mit Kali zu berücksichtigen.

Aber noch auf einige andere, für die Kalidüngung in Betracht kommende Gesichtspunkte wollen wir kurz das Augenmerk richten.

Wenn wir den Bedarf der einzelnen Gewächse an Nährstoffen, wie wir denselben auf Seite 28—31 angegeben finden, vergleichen, so finden wir, daß das Kali gegenüber der Phosphorsäure nicht nur in sehr viel größerer Menge dem Boden durch Mittelernten entzogen wird, sondern daß auch die Mengen desselben bei den Kulturgewächsen sehr viel mehr variiert, als dieses bezüglich der Phosphorsäure der Fall ist.

Andererseits wissen wir, daß auch das Kalibedürfnis der verschiedenen Bodenarten sehr viel größeren Schwankungen unterliegt, als das Phosphorsäuredüngungsbedürfnis derselben.

Aus diesen und einigen anderen Gründen muß man daher bei der Kalidüngung sorgfältiger zu Werke gehen, als dieses bei der Düngung mit Phosphorsäure nötig ist.

Während man einerseits dafür Sorge zu tragen hat, daß das Kali den Pflanzen stets in so großen Mengen zur Verfügung steht, daß dieselben die teuere Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung verarbeiten können, muß man andererseits zugleich bei der Düngung das verschiedene Bedürfnis des Bodens und der Pflanzen weit mehr berücksichtigen, als dieses bei der Phosphorsäuredüngung geboten ist.

Auf einige Nebenumstände, die bei der Kalidüngung zu berücksichtigen sind, und die mit der Zusammensetzung der Kalidünger in Zusammenhang stehen, werden wir noch besonders hinweisen.

Am ärmsten an Kali und darum seiner Zufuhr am meisten bedürftig sind besonders die Sandböden, Moorböden, sowie die leichten Wiesenböden.

Diese Bodenarten sind auf eine Kalizufuhr durchaus angewiesen und lassen sich meist ohne eine entsprechende Kalidüngung garnicht rentabel bewirtschaften. Hier wirkt eine Kalidüngung, wie gesagt, meist sehr sicher und ist stets rentabel.

Anders die besseren Verwitterungsböden, die lehmigen und thonigen Bodenarten. Dieselben sind bedeutend reicher an Kali, und in den meisten Fällen glaubt der sie bewirtschaftende Landwirt, daß sie einer Kalidüngung entbehren können, daß sie nicht kalibedürftig sind.

Demgegenüber hebt nun aber Wagner mit Recht wiederholt und eindringlich hervor, daß die Frage, ob ein Boden kalibedürftig ist oder nicht, ganz von den Anforderungen, die man an seine Leistungsfähigkeit stellt, abhängt und führt zum Beleg für seine Anschauung folgendes Beispiel an.

Auf einem Acker, der $0{,}_{44}$ % Kali (K_2O) enthielt, also mit Kali sehr wohl versehen war, wurden bei der angegebenen Düngung folgende (allerdings außergewöhnlich hohe) Erträge an Futterrüben erzielt.

Die Grunddüngung betrug 700 D.-Ctr. Stallmist pro ha.

Parzelle 1.	Ohne weitere Düngung	. . . .	521 D.-Ctr.
„ 2.	6 D.-Ctr. Thomasmehl 12 D.-Ctr. Kainit 3 D.-Ctr. Chilesalpeter	Volldüngung	831 D.-Ctr.
„ 3.	6 D.-Ctr. Thomasmehl 3 D.-Gtr. Chilesalpeter	Volldüngung ohne Kali	711 D.-Ctr.

Diesen Zahlen ist wenig hinzuzufügen. Sie zeigen deutlich, daß trotz des natürlichen Reichtums des Bodens an Kali und trotz der demselben durch die starke Stallmistdüngung zugeführten Mengen von Kali, dennoch weitere Mengen dieses Nährstoffes bei einer gleichzeitigen Düngung mit Stickstoff und Phosphorsäure von den Pflanzen verarbeitet werden konnten.

Wie häufig es bei einer intensiven Düngung mit Stickstoff und Phosphorsäure angezeigt ist, auch auf besseren Böden zugleich auf eine Kalidüngung Bedacht zu nehmen, dafür führt der genannte Forscher noch folgende Beispiele an:*)

Gehalt des Bodens an Kali %	Durch „Volldüngung" (Stickstoff, Phosphorsäure und Kali) wurde gegen ungedüngt an Mehrertrag vom Hektar erzielt: D.-Ctr.		Fehlte an der „Volldüngung" das Kali, so sank der Mehrertrag vom Hektar auf: D.-Ctr.
0,466	222	Rüben	104
0,483	230	„	169
0,476	33	Kartoffeln	13,2
0,407	45,9	„	16,9
0,557	7,4	Hafer	3,9
0,439	14,7	Gerste	8,5

Wie aus der Zusammenstellung auf Seite 30 hervorgeht, stellen hinsichtlich ihres Bedürfnisses an Kali die Hackfrüchte (Futterrüben, Zuckerrüben und Kartoffeln) die größten Ansprüche an den Kalivorrat des Bodens, dann folgen u. a. die Leguminosen-Futterkräuter, das Wiesenheu und an letzter Stelle die Cerealien.

Mit diesem Nährstoffbedürfnisse der einzelnen Pflanzen für Kali geht aber, wie wir dieses auf Seite 25 dargelegt haben, das Düngungsbedürfnis derselben durchaus nicht immer Hand in Hand, sodaß wir auf diesen Punkt an dieser Stelle nicht noch einmal einzugehen brauchen.

In der Praxis hat es sich aber als richtig herausgestellt, nicht nur diejenigen Pflanzen, welche das relativ größte Düngungsbedürfnis für Kali besitzen, wie Gerste, Roggen, Weizen, Leguminosen und Wiesengräser mit Kalisalzen zu düngen, sondern auch diejenigen, welche, wie die Rübenarten und Kartoffeln, große Anforderungen an den absoluten Vorrat des Bodens an Kali stellen, obgleich sie imstande sind, die Kaliverbindungen des Bodens besonders gut auszunutzen.

Die obigen Beispiele liefern zugleich für die Richtigkeit dieser Maßnahmen ein zutreffendes Beispiel.

Durch eine Kalidüngung derjenigen Pflanzen, welche, wie z. B. die Rüben und Kartoffeln, aus der Wirtschaft ausgeführt werden, beugt man auf diese Weise zugleich einer Verarmung der Felder an Kali vor, und durch die Kalidüngung der

*) Es soll nicht unterlassen werden zu bemerken, daß von anderen Seiten Versuche vorliegen, nach welchen eine Kalidüngung auf vielen besseren Böden meist ohne Erfolg geblieben ist.

Futtergewächse verbessert man in sehr rationeller Weise die Beschaffenheit des Stallmistes.

Am sichersten wird man, wie bei allen Düngungsfragen, auch bezüglich der Kalidüngung mit Hilfe des Düngungsversuches das Richtige treffen.

Wir wollen nunmehr zur Besprechung der wichtigsten Kalidünger übergehen.

Vorkommen und Eigenschaften. Die für die Landwirtschaft und speziell für die deutschen Verhältnisse eigentlich allein in Betracht kommenden Kalidünger sind unbedingt die aus den sogenannten Staßfurter Abraumsalzen*) hergestellten.

Die sogenannten Staßfurter Kalisalze finden sich in überaus großen Mengen in dem ungeheuren Salzlager des Magdeburg-Halberstädter Beckens.**)

Diese mächtigen Salzlager sind ihrem Ursprunge nach als Verdunstungsrückstände abgetrennter Meeresbecken anzusprechen.***)

Ueber die Entstehung und Ablagerung der Staßfurter Salze macht Märcker in seinem bekannten Buche „Die Kalidüngung“ nach Dr. Precht, „die Salzindustrie von Staßfurt und Umgegend“ folgende Mitteilungen.

Die Salzlager des Magdeburg-Halberstädter Beckens ... liegen auf der Grenze der Dyas und Triasformation und sind durch Verdunstung des Meereswassers****) entstanden, welches sich wahrscheinlich durch einen engen Meeresarm in dieses ergossen haben muß, sodaß eine rückwärtsgehende Strömung der durch Verdunstung konzentrierten Salzlösung nicht eintreten konnte. Hierbei haben sich die am schwersten löslichen Salze, der Anhydrit (wasserfreier Gips) und das Chlornatrium zuerst abgeschieden. Die älteren Salzablagerungen bestehen daher aus Steinsalzschichten, welche in regelmäßigen Zwischenräumen von Anhydritschnüren durchzogen sind, jedesmal gewissermaßen einen Jahresring einer neuen Bildung anzeigend. Die leichter löslichen Kalium- und Magnesiumsalze blieben natürlich zuerst in Lösung und erst, als der Zufluß des Wassers aufhörte, konnten sich dieselben bei fortschreitender Konzentration abscheiden.

Dieses erfolgte natürlich zuerst neben sehr großen Kochsalzmengen, und so kam die sogenannte Polyhalitregion, d. h. Ablagerungen von Kochsalz, welche anstatt der Schnüre von Anhydrit solche von Polyhalit enthielt, zu stande. Auf diese folgte sodann die Kieseritregion, welche Schnüre von schwefelsaurem Magnesium einschloß. Letzterer mischten sich nun aber in der Kieseritregion bereits Ablagerungen von Karnallit (Chlormagnesium-Chlorkalium) bei, und sie geht schließlich in ein bauwürdiges Lager von Karnallit, in einer Mächtigkeit von etwa 25—40 Metern über und bildet nach dem bergmännischen Ausdruck das Hängende des Lagers, welches durch eine Ueberlagerung von Salzthon einen wirksamen Schutz gegen die atmosphärischen Einflüsse erfuhr. Ueber dem Salzthon liegt eine 40—90 Meter starke

*) Der Name „Abraumsalz“ rührt daher, daß dieselben oberhalb der Steinsalzlager liegen und daher erst abgeräumt werden müssen, um zu diesen zu gelangen.

**) In neuerer Zeit sind außerdem Salzlager an vielen anderen Punkten der Provinz Sachsen, in Anhalt, Thüringen, Braunschweig, Hannover erbohrt worden.

***) Beispiele für die Entstehung solcher Salzlager bietet uns zur Zeit das tote Meer, dessen Wasser im Liter bereits $260{,}_6$ g Salze, sowie eine Bucht des kaspischen Meeres, der Kara Bugas, dessen Wasser bereits $29{,}_5$ % Salze enthält.

****) 100 Teile Meerwasser enthalten:

Chlornatrium	$2{,}_5$—$2{,}_8$ %	Kaliumsulfat	0,16—0,21 %
Bromnatrium	$0{,}_{03}$—$0{,}_{04}$ %	Magnesiumsulfat	$0{,}_{06}$—0,11 %
Kaliumsulfat	$0{,}_{14}$—$0{,}_{17}$ %	Chlormagnesium	$0{,}_{33}$—$0{,}_{46}$ %

Anhydritschicht, welche wahrscheinlich durch eine erneute Ueberflutung der Salzablagerungen entstanden ist und das Liegende des Buntsandsteins bildet.

Die so erfolgten Ablagerungen blieben nun aber nicht unverändert, sondern es machten sich Hebungs- und Senkungserscheinungen geltend, von denen eine von Südwest nach Nordost verlaufende Erhebung die ganze Mulde in zwei Teile trennt; hierdurch müssen die Salzschichten zu Tage getreten sein, und so wurden nun die obersten Schichten derselben ausgewaschen, und dieses hat zur Folge gehabt, daß die oberste Steinsalzpartie erst bei 70, der leichter lösliche Karnallit aber erst bei 200 Meter Teufe angetroffen wird.

Durch dieses Auswaschen entstanden Zersetzungen der Salzablagerungen untereinander, und diese führten zu Neubildungen, welche für die Landwirtschaft von größter Wichtigkeit geworden sind. Es wurde der Kieserit und das Chlormagnesium des Karnallits ausgewaschen, und es blieb ein vorwiegend aus Chlorkalium und Chlornatrium bestehendes Salz zurück, welches als Sylvinit gefördert wird.

An mehreren Punkten ist das Magnesiumsulfat mit dem Chlorkalium in Wechselwirkung getreten und auf diese Weise der Schönit, das natürliche schwefelsaure Kalimagnesium, welches man auch künstlich und fabrikmäßig darstellt, entstanden. Die wichtigste Bildung ist aber diejenige des Kainits geworden. Derselbe entstand durch Zusammentreten von Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat und Chlormagnesium und bildet fast überall die Begrenzung des Karnallitlagers, wo dasselbe durch die langsame Einwirkung des Wassers zerstört wurde.

Der Quantität nach tritt er, wie nach den vorhergehenden Ausführungen begreiflich ist, sehr erheblich gegen den Karnallit, dessen Menge eine ungeheure ist, zurück, immerhin sind aber die Kainitablagerungen so bedeutend, daß man vorläufig große Besorgnisse über eine bevorstehende Erschöpfung nicht zu haben braucht.

Die landwirtschaftlich wichtigsten Kalidüngesalze sind: Kainit, Karnallit, Hartsalz (ein Sylvinitmineral), Polyhalit, Krugit, Sylvin, Sylvinit, sowie einige mehr oder weniger gereinigte schwefelsaure und chlorwasserstoffsaure Salze, unter welchen das sogenannte 40 % Kalidüngesalz besonders hervorzuheben ist.

Kainit. Der Kainit des Handels (früher auch fälschlich schwefelsaures Kalimagnesium genannt) stellt im gemahlenen Zustande ein weißliches, mit kleinen gelblichen und rötlichen Stücken durchsetztes Salz dar. Im reinen Zustande trifft man ihn als eine Verbindung von schwefelsaurem Kalium, schwefelsaurem Magnesium und Chlormagnesium mit Krystallwasser an, gemäß der Formel $K_2SO_4, MgSO_4, MgCl_2 + H_2O$ (resp. $2KCl, 2MgSO_4 + H_2O$.)

Seine durchschnittliche Zusammensetzung ist nach Märcker folgende:

Kaliumsulfat	21,3 %	Chlornatrium	34,6 %
Magnesiumsulfat	14,5 %	Gips	1,7 %
Chlormagnesium	12,4 %	Unlösliches (Thon)	0,8 %
Chlorkalium	2,5 %	Wasser	12,7 %

Gewährleistet wird im Kainit ein Gehalt von 12,40 % K_2O.

Der Kainit ist zwar nicht sehr hygroskopisch, ballt jedoch beim Aufbewahren, namentlich in feuchten Räumen, zu einer festen, harten Masse zusammen. Es läßt sich dieses durch ein Vermischen des Kainits mit circa 2½ % Torfstreu verhindern.

Von den Kaliwerken wird daher ein Gemenge von Kainit mit 2½ % Torfmull in den Handel gebracht, dessen Bezug zu empfehlen ist, wenn der Landwirt genötigt ist, den Kainit längere Zeit lagern zu lassen.

Karnallit. Das Karnallit ist als ein Doppelsalz von Chlorkalium mit Chlormagnesium anzusehen: $KCl, MgCl_2 + 6 H_2O$.

Es kommt in größter Menge in den Abraumsalzen vor. Die Zusammensetzung des bergmännisch gewonnenen Karnallits ist nach Märcker die folgende:

Chlorkalium	15,5%
Chlormagnesium	12,4%
Schwefels. Magnesium	14,5%
Chlornatrium	22,5%
Gips	1,9%
Unlösliches	1,8%
Wasser	26,1%

Garantiert werden im Karnallit 9% Kali. Das Karnallit besitzt, meist infolge eines Gehaltes an Eisenglimmer, eine mehr braunrote Färbung. Es enthält circa 10% mehr Chlorverbindungen als der Kainit.

Hartsalz. Das Hartsalz besitzt folgende durchschnittliche Zusammensetzung:

Chlorkalium	21,73%	Chlornatrium	38,52%
Magnesiumsulfat	26,95%	Unlösliches	5,67%
Magnesiumchlorid	1,71%	Wasser	4,97%

Der Kaligehalt kommt demjenigen des Kainits, der Gehalt an Chlorverbindungen demjenigen des Karnallits annähernd gleich.

Sylvinit. Der Sylvinit weist nachstehende Zusammensetzung auf:

Chlorkalium	30,55%
Kaliumsulfat	6,97%
Magnesiumsulfat	4,80%
Chlormagnesium	2,54%
Chlornatrium	46,05%
Gips	1,80%
Wasser u. Unlösliches	7,29%

Als Mindestgehalt an Kali wird 12% garantiert. Meist ist aber der Gehalt ein bedeutend höherer, Sylvinit ist in neuerer Zeit in größeren Mengen gefunden worden.

Polyhalit und Krugit. Diese Mineralien kommen nur in geringen Mengen vor und bestehen aus Sulfaten von Calcium, Magnesium und Kalium. Der Polyhalit ist meist rötlich gefärbt. Ihm kommt die Formel:

$$2 CaSO_4, MgSO_4, K_2SO_4 + 2 H_2O \text{ zu.}$$

Der Krugit ist ähnlich zusammengesetzt:

$$4 CaSO_4, MgSO_4, K_2SO_4 + 2 H_2O.$$

Er besitzt eine grau-weiße Farbe. Die nähere Zusammensetzung zeigen folgende Analysen:

	Polyhalit	Krugit
Kaliumsulfat	28,90%	18,60%
Magnesiumsulfat	19,93%	14,70%
Chlornatrium	—	1,50%
Calciumsulfat	45,18%	61,00%
Wasser	5,99%	4,20%
K_2O	15,62%	10,05%

Diese Düngesalze sind also chlorfrei, resp. so gut wie chlorfrei.

Außer diesen Rohsalzen kommen noch verschiedene Kunstprodukte als Kalidünger in den Handel.

Die schwefelsaure Kalimagnesia. Dieselbe wird durch Auslaugen des Kainits hergestellt und besitzt nur einen geringen Chlorgehalt, wie nachstehende Zusammensetzung zeigt:

Kaliumsulfat	$50,_4$%
Magnesiumsulfat	$34,_0$%
Chlornatrium	$2,_5$%
Wasser	$11,_6$%

Das schwefelsaure Kalium. Dasselbe kommt als 96er und 90er Salz in den Handel, d. h. es enthält 96, resp. 90% Kaliumsulfat.

Für ersteres wird ein Gehalt von $51,_8$% Kali, für letzteres ein solcher von $48,_6$% Kali garantiert.

Nachstehende Analysen lassen die nähere Zusammensetzung erkennen.

	90er schwefels. Kali	96er schwefels. Kali
Kaliumsulfat	$90,_6$	$97,_2$
Chlorkalium	$1,_6$	$0,_3$
Magnesiumsulfat . . .	$2,_7$	$0,_7$
Chlormagnesium	$1,_0$	$0,_4$
Chlornatrium	$1,_2$	$0,_2$
Unlösliches	$0,_3$	$0,_2$
Wasser	$2,_2$	$0,_7$

Die Chlorkaliumsalze. Sie kommen in den verschiedensten Konzentrationsgraden in den Handel, so mit einem Gehalt von 98, 95, 90, 80, 70, 60, 50% reinem Chlorkalium, entsprechend einem Gehalt von 62, 60, 58, 44, 38, $31,_5$% an reinem Kali.

Der Verbrauch an Kalisalzen hat in Deutschland, und nicht zum geringsten Teil infolge der unablässigen Bemühungen von Schultz-Lupitz, einen gewaltigen Aufschwung genommen, wie dieses aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist. Es wurden in Deutschland an Kalisalzen verbraucht:

1865	circa	6 000	Tonnen
1882	„	40 000	„
1887	„	115 000	„
1892	„	405 000	„
1897	„	725 000	„
1899	„	840 000	„

Wirkung und Anwendung. Um nun den Wert der verschiedenen Kalidünger beurteilen zu können, wollen wir uns zunächst über ihren Wirkungswert, d. h. darüber orientieren, in welcher Weise sie von den Pflanzen ausgenutzt werden, resp. in welcher Weise sie den Ertrag zu steigern vermögen.

Die folgenden Versuchsresultate mögen uns hierüber Aufschluß geben:

Wirkung und Ausnutzung verschiedener Kalisalze nach Vegetationsversuchen von B. Tacke.

auf Moorboden.

Differenz-Düngung mit Kali	g	Boden: Hochmoorboden, Frucht: Sommerroggen: Durchschnittsertrag pro Gefäß	Ertrag an Trockensubstanz ohne Kalidüngung = 100	Von 100 Teilen des in der Düngung zugeführten Kalis wurden wiedergewonnen	Boden: Niederungsmoorboden, Frucht: Hafer: Durchschnittsertrag pro Gefäß	Ertrag an Trockensubstanz ohne Kali = 100	Von 100 Teilen des in der Düngung gegebenen Kalis wurden wiedergewonnen	Boden: Niederungsmoorboden, Frucht: Gerste: Durchschnittsertrag pro Gefäß	Ertrag an Trockensubstanz ohne Kali-Düngung = 100	Von 100 Teilen des in der Düngung zugeführten Kalis wurden wiedergefunden
	0	28,3	100	—	36,2	100	—	45,3	100	—
In Form	0,25	51,9	183	74	62,2	172	56	63,8	141	77
von	0,50	68,5	242	69	61,1	169	60	63,9	141	63
Kainit	0,75	75,9	268	53	63,2	174	54	67,4	149	57
In Form	0,25	63,1	223	85	61,7	170	67			
von	0,50	81,4	288	75	65,1	180	66			
Karnallit	0,75	85,6	302	65	67,6	186	59			
In Form von	0,25	82,0	290	118	67,0	185	94	60,1	133	116
38 %ig. Düngesalz	0,50	85,5	302	90	68,5	189	93	62,3	138	89
(Chlorkalium)	0,75	91,4	323	87	70,3	194	90	61,5	135	78
In Form	0,25	72,7	257	98	59,6	165	47			
von	0,50	87,7	310	75	68,0	188	55			
Hartsalz	0,75	93,0	329	80	67,2	186	60			
In Form	0,25	78,7	278	92	62,9	174	48	56,5	125	96
von	0,50	87,7	310	68	65,9	182	61	59,3	131	60
schwefelsaurem Kali	0,75	94,8	335	60	63,4	175	55	60,0	132	43

Wirkung und Ausnutzung verschiedener Kalisalze nach Vegetationsversuchen von M. Märcker. Auf Sandboden.

Für die angegebenen Pflanzen gelangte Märcker zu folgenden Ergebnissen:

Kali in Form von	Ertragserhöhung g	Ausnutzung des Kalis der Düngung durch die Pflanze
	Luzerne	
Kainit	20,30	29,90
Karnallit	15,20	43,90
Hartsalz	23,10	57,90
	Weißer Senf	
Kainit	33,50	45,60
Karnallit	33,40	47,30
Hartsalz	39,20	57,90
Kohlensaurem Kali	39,20	57,90
	Kleegras	
Kainit	17,26	64,30
Karnallit	21,95	62,80
Sylvinit	25,84	64,30
Schwefels. Kalimagnesia . .	25,90	70,10
Karnallit u. Chlorkalium .	20,13	64,30

Es möge hier auch noch ein Versuch aus der großen Praxis, der von Schultz-Lupitz ausgeführt wurde, um die Wirkung annähernd gleich großer Mengen Kali in Form verschiedener Kalisalze auf den Ertrag und Stärkegehalt der Kartoffeln zu studieren Platz finden.

Düngung pro Morgen	Vorfrucht Lupinen ohne Kali		Vorfrucht Lupinen in 3 Ctr. Kainit: Kartoffeln ohne Chilisalpeter		Vorfrucht Lupinen in 3 Ctr. Kainit: Kartoffeln mit 50 Pfd. Chilisalpeter pro Morg.	
	Ertrag Ctr.	Stärke %	Ertrag Ctr.	Stärke %	Ertrag Ctr.	Stärke %
300 Pfd. Kainit . . .	56,7	17,7	69,4	18,1	74,4	17,4
75 Pfd. schwefels. Kalium	57,1	19,0	71,1	18,8	78,5	18,5
150 Pfd. gereinigte Kalimagnesia	57,9	18,1	72,9	18,5	79,0	16,7
75 Pfd. Chlorkalium .	52,9	18,0	66,0	18,1	72,6	16,9
90 Pfd. kohlens. Kalium	53,3	19,1	65,4	19,4	70,4	18,8
300 Pfd. Karnallit . .	44,3	17,6	64,1	16,6	71,2	16,5
300 Pfd. Polyhalit . .	49,1	18,4	65,9	18,2	72,8	17,3
400 Pfd. Krugit . . .	56,2	18,4	76,2	18,4	70,9	18,1
Ungedüngt	24,9	19,0	52,8	18,9	57,2	17,9
Mittel der Kaliversuche	52,8	18,3	68,9	18,3	73,7	17,5

Aus diesem Versuchsmaterial, das sich übrigens noch erweitern ließe, kann man entnehmen, daß im allgemeinen keines der verschiedenen Kalisalze die anderen bezüglich der Wirkung so sehr überragt, daß es den unbedingten Vorzug verdiente.

Eine gewisse Ausnahme scheint allerdings das Chlorkalium zu machen. Es liegen hinsichtlich dieses Salzes noch anderweitige Beobachtungen vor, nach welchen es besonders gut von den Pflanzen verwertet wird.

Bezüglich der quantitativen Wirkung ist also, wenn wir das Chlorkalium vielleicht ausnehmen, kein wesentlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Kalidüngern zu verzeichnen, und von diesem Gesichtspunkte aus wäre es demnach lediglich Rechnungssache für den Landwirt, welches Salz er am billigsten zur Düngung verwerten kann; das Kali wirkt in den verschiedenen Formen gleich gut. Nun fordert aber die Verwendung der einzelnen Kalidünger von einem anderen Gesichtspunkte aus sorgfältige Berücksichtigung ihrer Eigenschaften.

In den Kalirohsalzen, wie Kainit, Karnallit, Hartsalz 2c. sind nämlich, wie wir gesehen, nicht nur Kaliverbindungen vorhanden, sondern dieselben enthalten außerdem nicht unbeträchtliche Mengen anderer Salze, die sogenannten Nebensalze. Als solche treten uns namentlich, wie die oben angeführten Analysen zeigen, die verschiedenen Chlorverbindungen, Chlornatrium, Chlormagnesium entgegen.

Aus mannigfachen Versuchen geht nun unzweifelhaft hervor, daß diese Nebensalze sich dem Boden, resp. den Pflanzen gegenüber keineswegs indifferent verhalten, sondern daß sie verschiedenartige Wirkungen im Boden, über die wir allerdings noch nicht vollständig orientiert sind, auszuüben vermögen, sodaß wir es also bei der Verwendung der Kalirohsalze nie mit einer reinen Kaliwirkung zu thun haben.

Wir wollen hier einige Wirkungen der Nebensalze besprechen. Dieselben können günstiger und schädlicher Natur sein.

Günstig insofern, als den Nebensalzen durchaus nicht eine gewisse Düngerwirkung abzusprechen ist. Dieselbe kann teils direkt, teils indirekt erfolgen.

Wir haben weiter oben bereits dargelegt, daß das Natrium zum Teil das Kalium ersetzen kann, und aus diesem Grunde vermögen auch die natriumhaltigen Nebensalze unter Umständen kaliersparend zu wirken. Außerdem tragen sie unzweifelhaft dazu bei, andere Pflanzennährstoffe des Bodens den Pflanzen zugänglich zu machen. Dadurch, daß sie aber (besonders die Magnesiumverbindungen) der Absorption des Kalis entgegen wirken, können sie unter gegebenen Verhältnissen, so auf leichten Böden, andererseits ungünstig wirken.

Die düngende Wirkung der Nebensalze geht aus folgenden Versuchen von Drechsler und Edler hervor.

Dieselben düngten teils mit Kainit, teils mit den im Kainit enthaltenen Nebensalzen ohne Kali (Vergleichsdünger) und verglichen die Erträge sowohl untereinander als auch gegenüber ungedüngten Parzellen.

Drechsler fand:

Boden	Mehrertrag bei: Kainit kg	Vergleichsdünger kg
Lehmiger Sand	45,8	28,6
Sand	70,3	31,0
Humusboden	40,7	20,7

Edler erntete pro ha:

	Ungedüngt D.-Ctr.	Kainit D.-Ctr.	Salze ohne Kali D.-Ctr.
Kartoffeln	123,5	179,7	136,8
Roggen	18,3 Körner 31,1 Stroh	20,2 Körner 38,3 Stroh	19,3 Körner 37,8 Stroh

Eine andere, je nach den vorhandenen Verhältnissen günstig oder schädlich auftretende Wirkung der Nebensalze besteht darin, daß dieselben wassererſparend wirken, insofern als sie nicht nur die Verdunstung sowohl des Bodens, als der Pflanzen herabdrücken*), sondern auch infolge ihres Gehaltes an Chlormagnesium direkt Wasser aus der Atmosphäre anziehen und dem Boden zuführen.

Auf diese Eigenschaft dürfte auch die oft verschiedene Wirkung der Kalidüngung in verschiedenen Jahren und die oft besonders günstige Wirkung in trockenen Jahren mit zurückzuführen sein.

Bei vergleichenden Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt eines mit resp. ohne Zusatz von Kainit aufbewahrten Bodens fand Troschke folgendes:

	Boden ohne Kainit Feuchtigkeit	Boden mit Kainit Feuchtigkeit
18. März	15,2%	15,3%
1. Juni	1,8%	8,5%
1. August	1,3%	5,0%
18. Oktober	1,9%	13,3%

Die nachstehenden Versuchsresultate Märckers zeigen, wie verschieden sich die Wasser-Verdunstung aus Boden und Pflanzen in Vegetationsgefäßen gestaltete je nachdem man mit oder ohne Kali gedüngt hatte.

Düngung (umgerechnet auf 1 ha)	Ernte trocken	Wasserverbrauch	Auf 100 Teile Trockensubstanz verbrauchtes Wasser	Verhältniszahlen des Wasserverbrauches
Ohne Kalisalze	24,40	87,08	356,8	100
10 D.-Ctr. Kainit	25,50	78,79	309,0	90,5
20 „ „ Kainit	25,30	77,04	304,5	88,4
20 „ „ Karnallit ...	24,00	79,98	333,4	91,9

Ein großer Mißstand, der sich bei der Düngung mit Kali-Rohsalzen geltend macht und ihrer Anwendung besonders auf schwerem Boden entgegenwirkt, ist der, daß sie die mechanische Beschaffenheit des Bodens sehr verschlechtern. Der Boden verliert seine Krümelstruktur, schlemmt durch Regen leicht zusammen und bildet nach dem Trocknen harte Krusten. Abgesehen von der schlechteren Bearbeitungsfähigkeit verliert natürlich ein solcher Boden auch wegen seiner schlechteren Durchlüftung an Güte.

Nach neueren Beobachtungen wirken die Kalirohsalze nicht nur, wie man bisher

---

*) Hierdurch hat man auch die Beobachtung, daß mit Kainit gedüngte Pflanzen weniger unter Nachtfrösten zu leiden haben, zu erklären versucht.

annahm, auf Lehmböden und Thonböden, sondern bei längerem Gebrauch auch auf leichteren Böden verschlechternd ein.

Durch eine entsprechende Kalkdüngung kann man, wie hier nebenbei bemerkt sein mag, der durch die Kalidüngung bewirkten Verschlechterung der mechanischen Struktur eines Bodens entgegen wirken.

Ein ganz besonders hervorragende Anteil an den Nebenwirkungen der Kalisalze kommt den Chlorverbindungen zu, die ja in erheblicher Menge darin enthalten sind.

Über die Bedeutung des Chlors für das Pflanzenleben ist viel gestritten, und es ist durchaus wahrscheinlich, daß es innerhalb bestimmter Grenzen für manche Pflanzen direkt nützlich zu wirken vermag. Unzweifelhaft ist es dagegen andererseits, daß die in den Kalirohsalzen enthaltenen Chlorverbindungen unter Umständen auch direkt schädlich auf manche Pflanzen, so besonders auf Rüben, Kartoffeln, Tabak, Wein einzuwirken vermögen in der Weise, daß beim Tabak die Verbrennlichkeit bedeutend verschlechtert, bei den übrigen Gewächsen der Gehalt an Kohlehydraten stark herabgedrückt wird.

Diese Qualitätsverschlechterung der Pflanzen kann unter Umständen so weit gehen, daß der durch die Düngung bewirkte Mehrertrag an Pflanzensubstanz gänzlich bedeutungslos wird.

Die Zuckerrübensorten der neueren Züchtungen sollen allerdings nach Märcker gegen die Chlorverbindungen der Rohsalze weniger empfindlich geworden sein, und dasselbe scheint auch bei einigen neueren Kartoffelsorten der Fall zu sein.

Soweit man die Verhältnisse bis jetzt zu überschauen vermag, spielt der größere Blattreichtum der neueren Züchtungen bei dieser Anpassung eine Rolle insofern, als das Chlor der Düngung vorwiegend in den Blättern zur Ablagerung gelangt. Daß sich die Rüben bezüglich ihres Zuckergehaltes gleichgültig gegen eine Düngung mit den chlorhaltigen Kalirohsalzen verhalten, zeigen folgende Ergebnisse entsprechender Versuche der Versuchsstation Halle:

Düngung	Ertrag an Rüben D.-Ctr.	Zucker %	Zucker-Quotient
Ohne Kali	330,6	15,04	85,6
10 D.-Ctr. Kainit pro ha	334,8	15,06	85,4
18 „ „ pro ha	343,8	15,18	85,5
22 „ Karnallit pro ha	332,4	15,20	85,3

Der Chlorgehalt der Wurzeln, resp. Blätter wurde folgendermaßen durch die Düngung beeinflußt.

	Düngung	Wurzeln	Blätter
Versuch I	ohne Kainit	0,05 % Chlor	0,68 % Chlor
	mit Kainit	0,18 % „	3,68 % „
Versuch II	ohne Kainit	0,21 % „	1,19 % „
	mit Kainit	0,25 % „	3,68 % „

Wenn nun auch der Zuckergehalt der Rüben durch eine Düngung mit Kali-Rohsalzen nicht erniedrigt wird, so wird doch die Gewinnung des Zuckers, seine Ausbeute, infolge des hohen Salzgehaltes der Rüben eine schlechtere.

Die Kartoffeln sind, von einigen Ausnahmen abgesehen, im allgemeinen empfindlich gegen die Düngung mit Kalirohsalzen geblieben. Es ist diese Beobachtung so bekannt, daß wir darauf verzichten können, weitere Belege für ihre Richtigkeit mit-

zuteilen, zumal die oben angeführten Versuche von Schultz-Lupitz diesen Einfluß in klarer Weise zu Tage treten lassen.

Aus folgenden Versuchsergebnissen Pfeiffers geht hervor, daß es wohl besonders das Chlormagnesium ist, welches die Depression der Stärke in den Kartoffeln bewirkt.

Kalidüngung*)	Knollen frisch	In den Knollen Stärke	
	g	%	g
Ohne Kali	3970,5	16,99	674,7
Chlorkalium	4650,8	16,50	767,3
Kaliumsulfat	4711,8	16,41	773,2
Kaliumsulfat und Chlormagnesium	3083,4	15,77	486,3
Kainit	3919,0	16,37	641,6
Hartsalz	4058,5	15,61	633,5

Man hat natürlich diesem qualitätsschädigenden Einfluß der Kalirohsalze zu begegnen gesucht und zu diesem Zwecke die Beigabe einer starken Kalkdüngung empfohlen, wodurch das Magnesiumchlorid unter gleichzeitiger Bildung von Calciumchlorid in Magnesiumhydrat umgewandelt wird.

Weit besser hat sich aber bewährt, die chlorempfindlichen Gewächse nicht direkt mit Kali-Rohsalzen zu düngen, sondern die letzteren zu einer für Chlorverbindungen mehr unempfindlichen Vorfrucht, wie es die Halmfürchte sind, zu geben, oder doch wenigstens die Kalirohsalze bereits im Herbste vor der Bestellung der Kartoffeln aufs Feld zu bringen.

Durch diese Maßnahmen bewirkt man, daß im Laufe der Zeit die im Boden leicht beweglichen Chlorverbindungen in den Untergrund versickern und dadurch unschädlich werden.

Der Einfluß einer zu verschiedenen Zeiten gegebenen Düngung mit Kalirohsalzen auf den Ertrag und die Zusammensetzung der Kartoffeln geht aus folgenden Versuchsresultaten hervor.

Versuche von E. Wildt auf Lehmboden.

Düngung	Kartoffelertrag Ctr.	Stärke %	Stärke Ctr.
Ohne Düngung	78,12	22,10	—
Ammoniak-Superphosphat	82,30	21,35	—
Dasselbe und schwefelsaures Kali	99,20	20,25	—
„ „ Kainit im Herbste	102,00	20,10	20,90
„ „ im zeitigen Frühjahr	98,40	19,08	18,80
„ „ 4 Woch. vor d. Aussaat	98,00	18,48	18,10
„ kurz vor der Aussaat	100,80	17,40	17,40

*) Diese Versuche wurden auf Freilandparzellen ausgeführt; die Kalidüngung erfolgte kurz vor dem Auslegen der Kartoffeln.

Feldversuche von Br. Tacke.

Ohne Kali wurden 7797 kg Kartoffeln mit 17,67 % Stärke geerntet:

Düngung kg Kali	Frühjahrsdüngung Kartoffeln kg	Frühjahrsdüngung Stärke %	Herbstdüngung Kartoffeln kg	Herbstdüngung Stärke %
125 als Kainit	9822	14,34	11725	17,02
225 „ „	8075	14,84	11778	16,24
125 als Karnallit	7037	14,89	12825	16,48
225 „ „	6625	13,32	11555	15,04
106,9 als Chlorkalium . . .	13640	17,20	13047	18,02
192,1 „ „ . . .	13435	16,94	14638	16,93

Düngungsversuche von Amtsrat Hoppenstedt.

Düngung für 1 ha		Frühe Rassengründer Knollen v. ha kg	Frühe Rassengründer Stärke %	Frühe Rassengründer Stärke v. ha kg	Reichskanzler Knollen v. ha kg	Reichskanzler Stärke %	Reichskanzler Stärke v. ha kg	Simson Knollen v. ha kg	Simson Stärke %	Simson Stärke v. ha kg
Ungedüngt		8000	15,8	1264	9600	17,8	1709	9000	20,0	1800
160 kg Chilisalpeter 120 kg Superphosphat	—	11200	16,0	1792	11600	19,3	2239	14400	20,5	2952
160 kg Chilisalpeter 120 kg Superphosphat 600 kg Kainit	bei der Aussaat	13800	14,1	1946	16400	17,3	2837	14400	18,2	2621
160 kg Chilisalpeter 120 kg Superphosphat 600 kg Kainit	im Herbst	12200	15,9	1940	14800	20,1	2975	19800	20,0	3960
160 kg Chilisalpeter 120 kg Superphosphat 600 kg Kainit	zur Vorfrucht	15800	16,8	2654	21000	21,1	4431	23000	21,8	5014
160 kg Chilisalpeter 120 kg Superphosphat 600 kg Kainit	zur Vorfrucht							2520	21,7	5468

Auf den Tabak wirken die Chlorverbindungen in der Weise schädlich ein, daß sie seine Verbrennlichkeit verschlechtern. Für ihn kommen zur Düngung eigentlich nur die chlorfreien Kalisalze in Betracht.

Auch für die Weinrebe verwendet man im Interesse der Qualität der Ernteprodukte am besten die reinen Kalisalze.

Es ist ferner von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht worden, daß sowohl der Geschmack der Kartoffeln, wie auch derjenige des Wiesenheus durch eine Düngung mit Staßfurter Rohsalzen leiden soll. Bezüglich des letzteren findet

Claessen den Grund in dem analytisch festgestellten erhöhten Gehalt des Heus an Salzen und besonders an Chloriden, während Märcker glaubt, daß der durch eine starke Düngung mit Kalisalzen bewirkte höhere Gehalt an Amiden dem Wiesenheu den schlechten Geschmack verleihe.

Diese analytischen Befunde scheinen mir in einem gewissen Zusammenhange zu stehen und in ihrer Gemeinschaft die erwünschte Erklärung für obige Beobachtung zu geben. Es ist nämlich von B. Hanstein beobachtet worden, daß bei Anwesenheit bestimmter Mengen von Chloriden in den Zellen die Eiweißbildung sistiert wird, während sich Kohlehydrate und Amide nebeneinander anhäufen.

Daß durch eine Kalidüngung der Nematodenschaden in gewissen Fällen zwar nicht aufgehoben, aber doch verringert werden kann, mag der Vollständigkeit halber hier noch erwähnt sein.

Wie aus diesen Darlegungen hervorgeht, ist die Düngung mit Kalirohsalzen auf manchen Böden und für manche Pflanzen mit Schwierigkeiten verknüpft, die einer intensiven Düngung der Gewächse mit Kali entschieden hemmend in dem Wege stehen, zumal zu einer Düngung mit den hochkonzentrierten reinen Salzen der Kosten wegen nur selten gegriffen werden kann.

Es ist daher im Interesse einer rationellen Kalidüngung als ein Fortschritt zu bezeichnen, daß die Kaliwerke seit kurzer Zeit verschiedene Halbfabrikate zu Preisen in den Handel bringen, die ihre ausgedehnte Verwendung zu landwirtschaftlichen Zwecken ermöglichen. Das konzentrierteste und am empfehlenswerteste derselben ist der sogenannte „40% Kalidünger“, welcher 62—63% Chlorkalium und 37—38% Nebensalze, die zum Teil aus Chlornatrium, zum Teil aus Chlormagnesium bestehen, enthält.

Ziehen wir demgegenüber den Kainit als Hauptvertreter der Kalirohsalze zum Vergleich heran, so finden wir folgende Unterschiede.

Der Kainit (Karnallit und Hartsalz sind noch ungünstiger gestellt) mit durchschnittlich 12,4% Kali enthält gegen 50% Nebensalze, die ebenfalls aus Chlornatrium und Chlormagnesium bestehen.

Im 40% Kalidünger entfallen auf	100 Teile Kali (K_2O)	120 Teile Chlor.
im „ Kainit dagegen „	„ 100 „ „	250 „ „

Die wichtigsten kalkhaltigen Düngemittel.

Das Kalken und Mergeln des Bodens ist als Kulturmaßregel bereits im Altertum betrieben worden und auch in der Folgezeit nicht in Vergessenheit geraten. In der neueren Zeit hat aber in manchen Kreisen vielfach eine gewisse Besorgnis bezüglich der Anwendung der kalkhaltigen Düngemittel Platz gegriffen. Die Furcht vor dem Ausmergeln des Bodens, die auch in dem Sprichworte: „der Mergel (Kalk) macht reiche Väter, aber arme Söhne“ zum Ausdruck kommt, sowie einige andere Umstände haben hierzu beigetragen.

Erst der neuesten Zeit, der wir eine richtige Auffassung der Ernährung der Pflanzen, sowie der Bedeutung der einzelnen Pflanzennährstoffe für dieselbe verdanken, und die uns ihre richtige Benutzung gelehrt hat, blieb es vorbehalten, auch bezüglich der Wirkung der kalkhaltigen Düngemittel eine richtige Erkenntnis anzubahnen und ihre rationelle Verwendung in die Wege zu leiten. Daß der Kalk ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff für die höheren Pflanzen ist, unterliegt keinem Zweifel.

Die Funktionen, die der Kalk im pflanzlichen Organismus ausübt, können wir jedoch zur Zeit noch nicht mit völliger Sicherheit angeben. Bei der Eiweißsynthese scheint der Kalk nicht unmittelbar beteiligt zu sein.

Zweifelhaft ist es auch, aber doch wahrscheinlich, ob die Kalksalze eine Rolle bei der Wanderung der Stärke im Pflanzenkörper spielen. Die Hauptbedeutung des Kalkes für das Pflanzenleben dürfte jedenfalls einmal in seiner Funktion als Transportmittel der Mineralsäuren liegen und sodann darin, daß seine Anwesenheit notwendig ist, um gewisse, beim Stoffwechsel entstehende und für die Pflanzen giftige Nebenprodukte, als welche besonders die Oxalsäure auftritt, durch Neutralisation bezw. Fällung unlöslich und damit unschädlich zu machen.

Daß der Kalk außer durch seine physiologischen Wirkungen auch noch in anderer Weise für die Pflanzen nützlich wirken kann, nämlich insofern, als nach Stahl Membranen, welche mit Kalkverbindungen durchsetzt sind, weit weniger von Schnecken, Insekten und auch von parasitischen Pilzen zu leiden haben sollen, sei noch nebenbei bemerkt.

Auch auf den Keimungsprozeß soll der Kalk begünstigend einwirken. Der Gehalt der Pflanzen an Kalk ist sehr verschieden, und damit im Zusammenhang stehend, besitzen auch die verschiedenen Kulturpflanzen ein sehr abweichendes Nährstoffbedürfnis für den Kalk. In welch verschieden hohem Grade der Kalkgehalt des Bodens durch einige Pflanzen in Anspruch genommen wird, zeigt uns die diesbezügliche Angabe auf Seite 31. Wir können derselben entnehmen, daß die Halmfrüchte und Kartoffeln dem Boden durchschnittlich am wenigsten, die Leguminosen am meisten Kalk entziehen.

Auch das Düngungsbedürfnis der einzelnen Kulturgewächse für Kalk ist ein durchaus von einander abweichendes.

Das geringste Düngungsbedürfnis für Kalk kommt der Lupine und Serradella zu. Beide Pflanzen sind imstande, sich vermöge ihrer Wurzelthätigkeit selbst auf kalkarmen Böden die notwendigen Mengen an Kalk anzueignen. Ja es ist bekannt, daß eine Kalkdüngung meist sogar direkt schädlich für die sehr kalkempfindliche Lupine ist. Nächst diesen Pflanzen bedürfen die Halmfrüchte, und unter diesen besonders der Roggen, sowie auch die Kartoffel am wenigsten der Düngung mit Kalk.

Im Gegensatz hierzu besitzen die Kleearten, die Luzerne, Esparsette, die Erbsen, Wicken, Bohnen ein ausgeprägtes Düngungsbedürfnis für Kalk, und ihnen schließen sich der Tabak, Raps und die Rüben an.

Heinrich, der sich besonders mit dem Düngungsbedürfnis unserer Kulturpflanzen für Kalk beschäftigt hat, ist auf Grund seiner diesbezüglichen Forschungen zu folgendem Resultat gelangt:

„Die Lupinen wachsen noch gut bei einem Kalkgehalt des Bodens von $0,_{05}$—$0,_{03}$%, Kartoffeln und Roggen wachsen ebenfalls noch einigermaßen, wenn der Boden für andere Kulturpflanzen wegen Kalkarmut bereits versagt. Mäßige Erträge wurden noch von den (sonst in guter Kultur befindlichen) Böden gewonnen, wenn der Kalkgehalt auf $0,_{05}$% herabgesunken war.

Hafer und Gerste machen etwas größeren Anspruch an den Kalkgehalt wie Roggen und Kartoffeln.

Die Erbsen und Wicken gedeihen noch mäßig bei einem Kalkgehalt von $0,_{10}$%, auf noch kalkärmeren Böden versagen sie vollständig.

Der rote Klee gedeiht mäßig bei einem Kalkgehalt von $0,_{1}$—$0,_{12}$%. Unter

$0,_{1}$ % versagt er vollständig. Er gedeiht am besten, wenn er wenigstens $0,_{2}$ % Kalk im Boden vorfindet.

Am anspruchsvollsten von unseren Kulturpflanzen ist die Luzerne."

Hinsichtlich dieser Pflanze stellte Heinrich fest, daß ein Boden, der einen natürlichen Kalkgehalt von $0,_{091}$ % enthielt, nicht fähig war, Luzerne zu tragen. Nach seinen Versuchen zeigt die Luzerne erst dann ein normales Wachstum, wenn der Kalkgehalt im Boden zwischen $0,_{2}$—$0,_{3}$ % beträgt.

In welcher Weise der Kalk die Entwickelung verschiedener Pflanzen beeinflußt, geht aus einem anderen Versuche Heinrichs hervor.

Derselbe düngte einen kalkarmen Acker zur Hälfte mit Kalk, zur Hälfte mit Salpeter und bestellte ihn sodann gleichmäßig mit einem Saatgemenge von Klee und Gräsern. Nachdem sich die Pflanzen gehörig entwickelt hatten, machte das Feld den Eindruck, als ob die mit Kalk gedüngte Hälfte nur mit Klee, der mit Salpeter versehene Teil dagegen nur mit Gräsern bestanden wäre, so sehr war hier der Klee von den Gräsern, waren dort die Gräser von dem Klee überwuchert worden.

Ganz außerordentlich schwankend ist der Gehalt des Bodens an Kalkverbindungen.

Früher pflegte man gemeiniglich anzunehmen, daß unsere Kulturböden reich genug an Kalk wären, um eine Kalkdüngung entbehren zu können. Aus diesem Grunde hat man denn auch geglaubt, daß der Kalk als Nährstoff nur von untergeordneter Bedeutung sei gegenüber der Aufgabe, die er als Meliorationsmittel erfüllt. Diese Ansicht hat sich jedoch nicht als stichhaltig erwiesen, und man hat die ernährende Wirkung des Kalkes auf vielen Böden oft unterschätzt. Selbst wenn man annimmt, daß nur alle diejenigen Böden als in der Regel kalkbedürftig anzusprechen sind, welche weniger als $0,_{1}$ % in heißer 10 %iger Salzsäure löslichen Kalk enthalten, so giebt es, wie die diesbezüglichen Untersuchungen gelehrt haben, sehr viele Böden in Deutschland, welche der Zufuhr von Kalk benötigen.

Im übrigen ist die Bodenanalyse, obgleich sie uns gerade bezüglich der Feststellung des Kalkbedürfnisses eines Bodens wohl die sichersten Dienste leistet, nicht immer imstande, uns genauen Aufschluß zu gewähren, ob ein Boden der Kalkung bedarf oder entraten kann. Je nach der Bindungsform, in welcher der Kalk vorwiegend im Boden vorkommt, ob z. B. als kohlensaurer, humussaurer, schwefelsaurer, salpetersaurer, phosphorsaurer, kieselsaurer Kalk, können bei ein und demselben Kalkgehalt verschiedene Böden ein durchaus verschiedenes Düngungbedürfnis für Kalk besitzen. Besonders bei Sand- und Lehmböden weicht das Kalkbedürfnis sehr von einander ab und zwar hauptsächlich deshalb, weil in den Lehmböden der Kalk in relativ größerer Menge in Form schwerer löslicher Silikate vorhanden ist als im Sandboden.

Im allgemeinen dürften aber folgende Angaben Märckers zutreffend sein:

Bei einem Kalkgehalt von:

Lehmboden	Sandboden	ist der Boden
unter $0,_{10}$ %	unter $0,_{05}$ %	arm
$0,_{10}$—$0,_{25}$ „	$0,_{10}$—$0,_{15}$ „	mäßig
$0,_{25}$—$0,_{50}$ „	$0,_{15}$—$0,_{20}$ „	normal
$0,_{50}$—$1,_{00}$ „	$0,_{20}$—$0,_{30}$ „	gut
über $1,_{00}$ „	über $0,_{30}$ „	reich

Wie tief oft eine ausgesprochene Kalkarmut der Felder in die ganzen wirtschaftlichen Verhältnisse eingreifen kann, geht daraus hervor, daß durch das Verfüttern

von auf kalkarmen Wiesen gewachsenen Futterpflanzen wiederholt Knochenbrüchigkeit der Tiere beobachtet worden ist.

Nicht minder wichtig, wie seine Rolle als Pflanzennährstoff ist die Bedeutung des Kalkes als Meliorationsmittel.

Die Wirkungen, die der Kalk sowohl in chemischer wie physikalischer Beziehung auf die Beschaffenheit des Bodens ausübt, sind sehr mannigfaltiger Natur.

In chemischer Beziehung befördert er sehr die Umsetzung des im Boden vorhandenen Nährstoffmaterials, indem er es den Pflanzen zugänglicher macht. Wir haben bereits bei der Besprechung des Stallmistes und der Gründüngung darauf hingewiesen, daß die Wirkung dieser Düngemittel durch Kalkzusatz gefördert werden kann.

Dieses hat seinen Grund eben darin, daß der Kalk die Verwesung aller bereits in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen fördert, wie man dieses in der Praxis besonders deutlich bei der Kalkung der Hoch-Moorböden beobachten kann. Der Kalk vermindert daselbst sichtlich im Laufe der Jahre die Ackerkrume, „er verzehrt das Moor.“

Da wir wissen, daß die Verwesung der organischen Substanz auf einem durch Mikroorganismen bewirkten Oxydationsprozesse beruht, so ist es möglich, die Stärke des Verlaufes derselben durch die sich entwickelnde Kohlensäure zu messen, und man hat auch auf diese Weise den experimentellen Nachweis erbracht, daß der Kalk beschleunigend auf diesen Vorgang einwirkt.

Auf die Bedeutung, welche die Zersetzung der organischen Substanzen für Boden und Pflanzen besitzt, haben wir bereits früher hingewiesen: die stickstofffreien Stoffe werden zu Kohlensäure oxydiert, welche die Verwitterung der Mineralstoffe des Bodens befördert, aus den stickstoffhaltigen Stoffen entsteht zunächst Ammoniak, und die Mineralbestandteile der zersetzten organischen Substanz werden frei und für die Pflanze aufnehmbar. Uns interessiert hier natürlich am meisten, daß durch eine Kalkdüngung eine schnellere Überführung der für die Pflanzen an sich unzugänglichen Stickstoffverbindungen des Humus 2c. in Ammoniakverbindungen herbeigeführt werden kann. Die Ammoniaksalze sind nun zwar für die meisten Gewächse nicht so gut verwertbar wie die Nitrate, aber eine weitere Eigenschaft des Kalkes besteht darin, daß er imstande ist, die Umwandlung der Ammoniakverbindungen in salpetersaure Salze zu begünstigen. Wir haben auf diese durch viele Experimente sicher festgestellte wichtige Eigenschaft des Kalkes bereits an früherem Orte (Seite 144) hinzuweisen Gelegenheit gehabt[1]) und wollen an dieser Stelle hierauf nicht näher eingehen.

Wie auf die organischen Stoffe wirkt der Kalk auch auf manche mineralische Bodenbestandteile zersetzend und aufschließend ein. Besonders trifft dieses zu bezüglich der kalihaltigen Zeolithe, aus denen er das Kali, an seine Stelle tretend, in Freiheit zu setzen vermag, wie wir dieses bereits auf Seite 188—189 näher dargelegt haben. Es ist daher eine Kalkdüngung auch immer bis zu einem gewissen Grade eine Kalidüngung. Auch bezüglich der Rolle, die der Kalk bei der Absorption der Phosphorsäure spielt, können wir auf das an früherer Stelle über diesen Gegenstand Gesagte verweisen.

Hier wollen wir noch kurz auf einige Versuche von Kellner und Böttcher auf-

[1]) Wir erinnern an dieser Stelle an die Salpeterplantagen, in welchen man den Salpeter in der Weise darstellte, daß man stickstoffhaltige organische Substanzen sich bei Gegenwart kalkhaltiger Stoffe zersetzen ließ.

merksam machen. Diese Versuchsansteller haben gefunden, daß eine Kalkdüngung die Wirkung gleichzeitig angewendeter Knochenmehl-Phosphorsäure wesentlich herabzudrücken vermag, während sie auf die Wirkung der Superphosphat- und Thomasmehl-Phosphorsäure keinerlei nachteiligen Einfluß ausübt.

Es würde hieraus die Schlußfolgerung zu ziehen sein, daß das Knochenmehl nicht auf frisch gekalktem oder von Natur aus kalkhaltigem Boden anzuwenden ist.

Infolge des durch eine Kalkung bewirkten schnelleren Umsatzes des vorhandenen Nährstoffkapitals, dessen Ursachen wir soeben kurz angedeutet haben, ist es daher notwendig, stets rechtzeitig auf entsprechenden Ersatz der entzogenen Nährstoffe bedacht zu nehmen, will man sich vor der Gefahr des „Ausmergelns" schützen.

Schultz-Lupitz, der bekanntlich scharf zu beobachten verstand, läßt sich über diesen Punkt, wie folgt aus: „Man bewirke", so sagt er, „von Beginn des Mergelns (Kalken) an einen vollen Ersatz der entnommenen Ernte an Pflanzennährstoffen, niemals lasse man sich durch den Anblick einer vollen, durch Mergelung hervorgebrachten Ernte verleiten, dem Boden die Fähigkeit zur Hervorbringung noch einer weiteren Ernte zuzutrauen und das Geld für den Ersatz zu sparen. Solche Sparsamkeit rächt sich bitter."

Wir wollen nicht unterlassen darauf hinzuweisen, daß mit Rücksicht auf die schnellere Zersetzung der Humussubstanzen auf humusarmen Böden natürlich auch durch entsprechende Kulturmaßregeln, sei es durch stärkere Düngung mit organischen Düngemitteln, wie Stallmist, oder durch Anbau von Gründüngungspflanzen, auf einen Ersatz der Humusstoffe hingewirkt werden muß.

Stark humose Böden (wie z. B. einige Wiesen und Moorböden) besitzen oft manche Eigenschaften, die ihre Verwendung zu landwirtschaftlichen Zwecken mehr oder weniger ausschließen. Infolge der oft übergroßen Nässe solcher Böden verläuft die Zersetzung der organischen Substanzen auf ihnen meist in der Weise, daß viele sauer reagierende Humusstoffe, der sogenannte saure Humus, entstehen. Außerdem ist auf solchen Böden oft das Auftreten von sauren schwefelsauren Salzen, ja sogar von Schwefelsäure, herrührend von der Oxydation vorhandenen Schwefelkieses, beobachtet worden. Solche Eigenschaften stehen natürlich dem Gedeihen der Kulturpflanzen entgegen. Wenn es nun auch selbstverständlich die Aufgabe anderer Kulturmaßregeln ist, die Ursache dieser Erscheinung zu beseitigen, so vermag man jedoch andererseits die schädlichen Eigenschaften solcher Böden durch Anwendung von Kalk schnell und sicher zu beseitigen, indem die sauren Bestandteile des Bodens durch den Kalk neutralisiert werden und dadurch in unschädliche, teilweise sogar nützliche Bodenbestandteile umgewandelt werden.

Einen weiteren günstigen Einfluß äußert eine Kalkdüngung noch auf solche Böden, welche infolge einer schlechten Durchlüftung reich an für die Pflanzen schädlichen Eisenoxydulverbindungen sind. Auch auf solchen Böden kann natürlich die Wurzel des Übels nur beseitigt werden, indem durch entsprechende Maßnahmen (wie Drainage 2c.) für eine gleichzeitige Beseitigung der dem Zutritt der Luft hinderlichen Beschaffenheit des Bodens Sorge getragen wird. Die Eisenoxydulsalze lassen sich dagegen sicher durch die Zufuhr von Kalk unschädlich machen, indem sie durch dessen Einwirkung zerlegt und unter dem Einflusse der Luft leicht in unschädliche, resp. nützliche Oxydverbindung des Eisens übergeführt werden.

Der günstige Einfluß, den der Kalk in physikalischer Beziehung auf den Boden ausübt, beruht hauptsächlich darauf, daß er die ungünstige, mechanische Beschaffenheit,

die ein Boden von Haus aus besitzen kann (Thonböden), oder die ihm infolge seiner Behandlung (Salpeter- und Kainit-Düngung) zu teil geworden ist, wesentlich verbessern kann.

Es ist für den praktischen Landwirt eine bekannte Erscheinung, daß gewisse Bodenarten, und hierher gehören in erster Linie manche schwere Thonböden, sich äußerst schwer bearbeiten lassen. Ein solcher Boden schmiert, haftet den Ackergeräten fest an und klebt bei der Bearbeitung zu großen Klumpen fest zusammen, die zu harten Massen austrocknen.

Jeder Regen schlemmt ihn sogleich wieder zusammen und nach dem Abtrocknen bildet er auf der Oberfläche eine feste Kruste. Durch seine Bearbeitung wird also nur eine vorübergehende Verbesserung seiner Beschaffenheit erzielt.

Durch ein solches Dichtschlemmen, oder wie es der Landwirt nennt, „Abbinden" des Bodens, wird natürlich die Durchlässigkeit für Wasser und Luft sehr verringert und dadurch der Fruchtbarkeitszustand nicht unwesentlich herabgesetzt.

Besonders begünstigt wird, wie wir dieses auch an den betreffenden Stellen hervorgehoben haben, die Verkrustung der Ackerböden durch eine Düngung mit Salpeter und Kainit.

Die Ursache besagter Erscheinungen ist nun die, daß es solchen Böden an Kalk fehlt, und daß sich infolgedessen die einzelnen Thonteilchen fest aneinander lagern zur sogenannnten Einzelnkornstruktur.

Ganz anders aber verhält sich ein lehmiger oder thoniger Boden, wenn er von Natur oder durch Düngung genügende Mengen an Kalk enthält. Die Thonteilchen fügen sich in einem derartig beschaffenen Boden nicht in feiner Form dicht an einander, sondern treten zu Aggregaten zusammen und bilden die für den Landwirt erwünschte sogenannte Krümelstruktur.

Hierdurch wird der Boden locker, leicht bearbeitbar und bleibt für Luft und Wasser durchlässig, indem die Bindigkeit der Thonpartikelchen sehr vermindert wird. Auch nach dem Austrocknen bleibt ein solcher Boden mürbe, porös und frei von Krustenbildung. Aus diesen Darlegungen erhellt zur Genüge der große Einfluß, den der Kalk für den Kulturzustand der Felder besitzt.

Als kalkhaltige Düngemittel kommen in erster Linie der gebrannte Kalk und der kohlensaure Kalk in seinen verschiedenen Formen in Betracht.

Der **gebrannte Kalk** (CaO) wird, wie der Name es andeutet, durch Brennen von Kalksteinen in den Kalköfen gewonnen. Der kohlensaure Kalk der Kalksteine geht dabei unter Entbindung von Kohlensäure über in Calciumoxyd, d. i. gebrannter Kalk: $CaCO_3 = CaO + CO_2$. Je nach dem verwendeten Ausgangsmaterial ist der gebrannte Kalk mehr oder weniger rein.

So enthalten die dolomitischen Kalke wechselnde Mengen von Magnesia (MgO), herrührend aus kohlensaurem Magnesium. Gebrannte Kalke, die größere Mengen Thon und Silikate enthalten, sind zu Düngezwecken nicht brauchbar, weil sie im Boden zu einer cementartigen Masse erhärten.

Der gebrannte Kalk wird in gelöschtem Zustande als **Ätzkalk** (Staubkalk) angewendet. Das Löschen des Kalkes besteht darin, daß der mit Wasser angefeuchtete, gebrannte Kalk sich unter Wasseraufnahme in Kalkhydrat oder Ätzkalk ($Ca(OH)_2$) umwandelt: $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$, wobei er sich zunächst aufbläht, um sodann zu einem lockeren, feinen Pulver zu zerfallen.

Dieser Vorgang ist mit einer großen Wärmeentwickelung verbunden, und es

darf daher das Löschen des Kalkes der damit verbundenen Feuersgefahr wegen nicht auf Tennen, auf welchen in der Nähe Heu oder anderes brennbares Material lagert, vorgenommen werden. Am besten läßt man den Kalk sich auf dem Felde selbst löschen, indem man ihn daselbst in kleine Haufen setzt und mit Erde bedeckt. Der Ätzkalk verbindet sich begierig mit der Kohlensäure der Luft, $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$.

Er geht daher beim Lagern, sowie nach dem Einbringen in den Boden sehr schnell in kohlensauren Kalk über.

Als **Abfallkalk** wird von verschiedenen Kalkwerken ein kalkhaltiges Düngemittel in den Handel gebracht, welches neben anderen Abfallstoffen, wie Schlacke, Asche rc. im wesentlichen aus einem Gemenge von Ätzkalk und kohlensaurem Kalk besteht.

Der **Gaskalk**, welcher in den Gasanstalten bei der Reinigung des Leuchtgases als Abfallprodukt gewonnen wird, enthält ebenfalls neben Ätzkalk kohlensauren Kalk.

Außerdem enthält er oft für die Pflanzen giftige Bestandteile wie Schwefelcalcium und schwefligsauren Kalk. Bei seiner Verwendung ist daher Vorsicht geboten. Durch längeres Lagern verlieren diese Bestandteile infolge ihrer Oxydation die schädlichen Eigenschaften.

Der **Scheideschlamm** der Zuckerfabrikation, der **Abfallkalk** der Seifensiedereien und Gerbereien, sowie der **Klärschlamm** mancher Wasser- rc. Reinigungsanlagen enthalten den Kalk ebenfalls zum Teil als Ätzkalk, zum Teil als kohlensauren Kalk. Ihr hoher Wassergehalt steht jedoch einem weiteren Transporte dieser Düngemittel entgegen.

Die sogenannten **Düngekalke**, wie sie z. B. als Kalksteinmehl, Korallenkalk, Kalkmergel, gemahlener Wiesenkalk, Süßwasser-Muschelkalk rc. in den Handel kommen, bestehen zum größten Teil aus kohlensaurem Kalk. Sie finden sich in mehr oder weniger Ablagerungen.

Der **Mergel** ist ein Zersetzungsprodukt verschiedener Gesteinsarten und bildet ein inniges, mechanisches Gemenge von kohlensaurem Kalk und Thon.

Manche Sorten enthalten außerdem wechselnde Mengen von kohlensaurer Magnesia und Sand. Je nachdem der eine oder andere Bestandteil in ihnen vorherrscht, unterscheidet man die verschiedenen Mergelsorten als Kalkmergel (circa 50—75 % kohlensauren Kalk und 25—50 % Thon enthaltend), Thonmergel (mit circa 25—50 % kohlensaurem Kalk und 50—70 % Thon), Lehmmergel, Sandmergel, Moormergel.

Die Bezeichnungen wie Steinmergel, Lößmergel, Geschiebemergel, leiten sich von ihrer äußeren Beschaffenheit ab. Die Mergel finden sich teils nesterweise und von erdartiger Beschaffenheit im Boden, teils auch in ausgedehnten Schichten als Glieder geognostischer Formationen. Der Wert der verschiedenen Mergelsorten richtet sich in erster Linie nach ihrem Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Die Entscheidung darüber, in welcher Form man den Kalk verwenden soll, ob als Mergel oder Ätzkalk, hängt einmal von den durch die örtlichen Verhältnisse bedingten Kosten ihrer Beschaffung und zweitens von dem Zwecke ab, den man durch die Anwendung der kalkhaltigen Düngemittel verfolgt.

Je nachdem, ob man lediglich dem Kalkdüngerbedürfnis seiner Felder Rechnung zu tragen braucht, oder ob man zugleich genötigt ist, deren Bodenbeschaffenheit

zu verbessern, wird man die Auswahl unter den zur Verfügung stehenden Kalkdüngern treffen müssen.

Bezüglich des Düngerwertes der verschiedenen Kalkdüngemittel liegen u. a. Untersuchungen von Heinrich vor, aus denen hervorgeht, daß dieselben bei gleichem Feinheitsgrade den gleichen Wirkungswert besitzen.

Von diesem Gesichtspunkte aus hätte also neben dem Feinheitsgrade nur der Preis bei der Auswahl maßgebend zu sein.

Aus demselben Grunde aber, aus dem die wasserlösliche Superphosphat-Phosphorsäure auf schweren Böden meist der präcipitierten Phosphorsäure überlegen ist, wird sich in der Praxis auch der in Form von Ätzkalk aufs Feld gebrachte Kalk wirksamer erweisen als die übrigen Kalkformen, da diese nie durch ihre mechanische Verteilung diejenige feine Verbreitung im Boden finden, wie sie jener vermöge seiner an und für sich feineren Beschaffenheit und besseren Löslichkeit daselbst erreicht.

Dieser feineren Verteilung, die der Ätzkalk im Boden erfährt, dürfte es auch zumeist zuzuschreiben sein, daß er in wirksamerer Weise wie die übrigen Kalkdünger aufschließend zu wirken und die mechanische Beschaffenheit des Bodens zu verbessern vermag, da er als solcher nur sehr kurze Zeit im Boden erhalten bleibt.

In der Praxis wendet man auch auf den schweren Moor-, Lehm- und Thonböden, die nach den obigen Ausführungen in erster Linie auch der mechanisch umändernden Wirkung des Kalkes bedürftig sind, am meisten und zweckmäßigsten den Ätzkalk an.

Die Sandböden erweisen sich dagegen für die Verwendung von milderen Formen der Kalkdünger, wie Mergel und gemahlene Kalksteine, geeigneter.

Gerade auf diese Böden wirkt der Mergel, besonders der Thonmergel, ganz abgesehen von den Nährstoffen, die er ihnen zuführt, auch noch insofern günstig ein, als er durch seinen Gehalt an Thon ihre Mischungsverhältnisse verbessert und die Bindigkeit und wasserhaltende Kraft derselben erhöht.

Analog eignen sich für alle schwereren Böden die Sandmergel, nächst dem Ätzkalk, am besten zur Düngung.

Die Stärke der anzuwendenden Düngung richtet sich hauptsächlich nach den vorhandenen Bodenverhältnissen.

Heinrich empfiehlt den Gehalt der Böden möglichst auf $0,_2$ bis $0,_3$ % Kalk anzureichern.

Von den verschiedenen Tabellen zur Berechnung der Stärke der vorzunehmenden Kalkung teilen wir diejenige von Heinrich umstehend mit.

Das Kalken und Mergeln wird am zweckmäßigsten im Herbste vorgenommen.

Behufs weiterer Einzelheiten über die Ausführung der Kalk- und Mergeldüngung müssen wir auf die vorhandene Special-Litteratur verweisen.*)

Als eines weiteren kalkhaltigen Düngemittels hätten wir noch kurz des schwefelsauren Kalkes zu gedenken.

Der **Gips** ($CaSO_4$), oder schwefelsaure Kalk, übt sowohl eine direkte als auch indirekte ernährende Wirkung aus. Direkt, weil er die beiden Pflanzennährstoffe, den Kalk und die Schwefelsäure, enthält, indirekt, indem er in derselben Weise, wie wir dieses

*) Wir empfehlen besonders die Schriften: Mergel und Mergeln von Prof. Dr. R. Heinrich, Berlin, Buchhandlung Paul Parey. Kalk und Mergeldüngung von Geh. Reg. Rat Dr. Orth, herausgegeben von der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft.

Berechnung über den zur Mergelung pro ha nötigen Bedarf an kalkhaltigen Materialien nach Heinrich.
(Mergel, Düngekalk, gebrannter Kalk, Abfallkalk u. s. w.)

Zur Anreicherung des Bodens an Kalk (CaO) um	bei Krumentiefe	bedarf es pro ha der Zufuhr von Kalk (CaO)	Diese sind enthalten in den Substanzen mit kohlensaurem Kalk																	
			20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			oder in Substanzen mit Kalk (CaO)																	
			11,2%	16,8%	22,4%	28,0%	33,6%	39,2%	44,8%	50,4%	56%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
	cm	kg	in Neucentner (à 100 kg)																	
0,1%	15	1875	168	110	84	60	56	48	42	37	33	31	29	27	25	23	22	20	19	18,65
	20	2500	225	150	113	90	75	64	57	50	45	42	38	36	33	31	29	28	26	25,00
	25	3125	280	186	140	112	93	80	70	62	56	52	48	45	42	39	37	34	32	31,25
	30	3750	335	224	168	134	112	96	84	75	67	63	58	54	50	47	44	42	39	37,50
0,2%	15	3750	335	224	168	134	112	96	84	75	67	63	58	54	50	47	44	42	39	37,5
	20	5000	445	296	223	178	148	128	112	99	89	83	77	71	67	63	59	56	53	50,0
	25	6250	555	370	278	222	185	160	139	123	111	104	96	89	83	78	73	69	66	62,5
	30	7500	670	470	335	268	235	192	168	157	134	125	115	107	100	94	88	83	79	75,0
0,3%	15	5625	500	334	250	200	167	143	125	111	100	94	87	80	75	70	66	63	59	56,25
	20	7500	670	470	335	268	235	192	168	157	134	125	115	107	100	94	88	83	79	75,00
	25	9375	840	560	420	336	280	240	210	187	168	156	144	134	125	116	110	104	99	93,75
	30	11250	1005	670	503	402	335	287	252	223	201	188	170	167	150	141	132	125	118	112,5
0,4%	15	7500	670	470	335	268	235	192	168	157	134	125	115	107	100	94	88	83	79	75,0
	20	10000	895	596	448	358	298	256	224	199	179	167	154	143	133	125	118	111	106	100,0
	25	12500	1115	744	558	446	372	318	279	248	223	208	192	179	167	156	141	139	132	125,0
	30	15000	1340	894	670	536	447	383	335	298	268	250	220	214	200	188	176	166	158	150,0
0,5%	15	9375	840	560	420	336	280	240	210	187	168	156	144	134	125	117	110	104	99	93,75
	20	12500	1115	744	558	446	372	318	279	248	223	208	192	179	167	156	141	139	132	125,0
	25	15625	1395	930	698	558	465	399	349	310	279	266	244	223	208	195	184	173	165	156,25
	30	18750	1680	1120	840	672	560	480	420	373	336	310	288	268	250	234	220	208	197	187,5

bei der Besprechung der übrigen Kalkdünger dargelegt haben, zersetzend auf die mineralischen Bodenbestandteile einwirkt und die in ihnen enthaltenen Pflanzennährstoffe, besonders das Kalium, in Freiheit setzt.

Auch auf die Nitrifikationsvorgänge im Boden soll er fördernd einwirken.

Zum Schlusse sei noch einmal darauf aufmerksam gemacht, daß die kalkhaltigen Düngemittel einseitige Düngemittel sind, und daß bei ihrer Anwendung der genügende Ersatz aller anderen Nährstoffe besondere Aufmerksamkeit erheischt.

L. Anderweitige Düngungsweisen und Düngemittel.

Das Erdbrennen. Das Brennen des Bodens, welches früher vielfach betrieben wurde, ist jetzt als Kulturverfahren nicht mehr zeitgemäß zu nennen. Es wurde vornehmlich auf Thonböden und Moorböden vorgenommen.

Einmal suchte man auf diese Weise eine bessere physikalische Beschaffenheit des Bodens herbeizuführen und sodann die vorhandenen Mineralstoffe in einen löslicheren Zustand umzuwandeln.

Endlich bezweckte man, die Äcker von tierischen und pflanzlichen Schädlingen sowie von Unkräutern zu reinigen.

Heute hat dieses Verfahren nur noch historisches Interesse, da die Wissenschaft gelehrt hat, die betreffenden Böden durch anderweitige Kultur-Maßnahmen, wie Entwässern, Sandauffahren, Kalken, rationelle Verwendung der Düngemittel 2c. im Interesse des Landes und zum Heile ihrer Besitzer in zweckmäßigerer Weise zu bewirtschaften.

Die Brache. Durch die Brache, eine uralte Kulturmaßregel, bezweckt man, den Boden eines Feldes dadurch, daß man ihn längere oder kürzere Zeit unbebaut liegen läßt und zugleich in zweckentsprechender Weise bearbeitet, sowohl bezüglich seiner chemischen wie physikalischen Eigenschaften zu verbessern.

Die Wirkung der Brache besteht kurz gesagt darin, daß durch den ungehinderten Einfluß der Atmosphärilien sowohl die mineralischen als auch die organischen Bestandteile des Bodens zersetzt werden, wobei Pflanzennährstoffe in assimilierbare Form umgewandelt werden.

Zugleich erfährt infolge der Bearbeitung die physikalische Beschaffenheit der schweren Böden, denn nur für diese trifft es zu, eine Verbesserung, und der Acker wird von Unkräutern, sowie Schädlingen aller Art befreit.

Durch die Entwickelung der Landwirtschaft in wirtschaftlicher, technischer und wissenschaftlicher Beziehung ist man von der Brache immer mehr abgekommen und hat dieselbe nur noch auf schweren Böden und auch hier zumeist nur aus wirtschaftlich technischen Rücksichten beibehalten, da man jetzt durch entsprechende Bearbeitung, Düngung und Fruchtfolge den Boden auch ohne Brache in gutem Kulturzustande und in „alter Kraft" zu erhalten weiß.

In neuerer Zeit erscheint es jedoch angezeigt zu sein, aus Gründen, die mit der Beeinflussung der Bakterienthätigkeit im Boden im Zusammenhange stehen, bis zu einem gewissen Grade auf den schweren Böden zur Brache zurückzukehren.

Wir werden auf diesen Gegenstand weiter unten noch kurz zurückkommen.

Düngung durch Bakterien.

Das Nitragin. Das Nitragin ist ein Bakterien-Impfdünger für Leguminosen und stellt Reinkulturen der verschiedenen Knöllchen-Bakterien dar.

An früherer Stelle haben wir bereits dargelegt, daß die Leguminosen mit Hilfe eben dieser Knöllchen-Bakterien, wie dieses jüngst von Hellriegel und Wilfarth aufgedeckt worden ist, imstande sind, den freien Stickstoff der Luft als Nährstoff zu benutzen. Nun hat schon Hellriegel, wie auch Saalfeld, die Beobachtung gemacht, daß Impfungen mit Knöllchen-Bakterien verschiedener Herkunft auf verschiedene Leguminosen durchaus verschieden einwirken. Nobbe und seine Mitarbeiter haben u. a. dieses Verhalten durch Arbeiten mit Reinkulturen näher erforscht und bestätigt. Sie haben nachgewiesen, daß es sehr verschiedene Arten von Knöllchen-Bakterien giebt, die sich zwar äußerlich wenig von einander unterscheiden, sich aber sehr verschieden den einzelnen Leguminosen gegenüber verhalten und zwar in der Weise, daß eine bestimmte, z. B. aus Erbsen gezüchtete Bakterienart vorzüglich auf Erbsen, weniger gut auf Wicken und garnicht auf Klee, Serradella etc. einwirkt, d. h. diese Pflanzen befähigt, elementaren Stickstoff zu assimilieren. Sie gelangten zu folgendem Satze:

Jede Leguminose wird durch Bakterien der eigenen Art am wirksamsten gefördert; Bakterien nahe verwandter Leguminosen-Arten können sich in gewissem Grade gegenseitig vertreten. Dagegen bilden die Bakterien von verwandtschaftlich einander fernstehenden Gruppen der Leguminosen entweder überhaupt keine, oder nur kleine, ohne wesentlichen Einfluß auf die Stickstoffernährung bleibende Knöllchen.

In der Praxis kann es nun natürlich vorkommen, daß ein Boden, auf welchem Leguminosen gebaut werden sollen, gar keine Knöllchen-Bakterien enthält, (wie z. B. Hochmoorboden) oder nicht diejenigen Arten, welche von Einfluß auf die anzubauenden Leguminosen sind. In beiden Fällen werden die Pflanzen nicht in der Lage sein, sich den freien atmosphärischen Stickstoff dienstbar zu machen. Um diesem Übelstande abzuhelfen, kann man das betreffende Feld entweder mit einer Erde impfen, welche die geeigneten Bakterien enthält, die also einem Boden entnommen ist, auf welchem die in Betracht kommende Leguminose bereits mit Erfolg angebaut worden ist.

Dieses Verfahren ist zuerst von Saalfeld angewendet worden.

Der zweite, einfachere und theoretisch sicherere Weg, den man einschlagen kann, ist der, daß man dem Boden speciell diejenige Bakterienart durch Impfung zuführt, welche der Leguminose am meisten zusagt und für dieselbe specifisch ist.

Um dieses zu ermöglichen, haben Nobbe und Hilner die für die verschiedenen Leguminosen in Betracht kommenden Bakterien in Reinkultur gezüchtet.

Diese Reinkulturen sind es, welche von dem Farbwerke vorm. Meister Lucius und Brüning in Höchst a. Main unter dem Namen Nitragin in den Handel gebracht werden.

Die Erfolge, die man in der Praxis mit dem Nitragin erzielt hat, sind allerdings noch widersprechender Natur. Dieses ist aber wohl zum größten Teil auf die Neuheit dieser Düngungsmethode, die immer eine sehr sorgfältige Ausführung erheischt, zurückzuführen, da das diesem Düngungsverfahren zu Grunde liegende Princip zweifellos richtig ist.

Auf die Ausführung der Impfung, deren Beschreibung dem Präparate beigegeben wird, wollen wir hier nicht näher eingehen.

Alinit. Das Alinit, welches nach Angaben des Rittergutsbesitzers Caron-Ellenbach von den Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co zu Elberfeld dargestellt und in den Handel gebracht wird, ist ein Impfdünger für das Saatgetreide, wie das Nitragin ein solcher für die Leguminosen ist. Das Präparat ist von pulveriger Beschaffenheit und besitzt ein gelbliches Aussehen. Es enthält auf einem geeigneten

Nährboden die meist sporifizierte Reinkultur eines Mikroorganismus, welcher als Bacillus Ellenbachensis alpha bezeichnet wird.

Nach den mitgeteilten Angaben soll das Alinit die Fähigkeit besitzen, durch Nutzbarmachung des freien Stickstoffes der Luft, vielleicht auch des im Ackerboden vorhandenen Stickstoffes eine ausreichende Stickstoffernährung der mit ihm geimpften Saat zu bewirken und so eine weitere Stickstoffdüngung mit Salpeter u. s. w. mehr oder weniger überflüssig zu machen.

Es dürfte von Interesse sein, kurz die Überlegungen und Beobachtungen, welche Caron zur Darstellung des Alinits geführt haben, kennen zu lernen. Die Untersuchungen von Berthelot, Frank, Winogradsky, Koch und Kossowitsch haben gezeigt, daß es Bakterien giebt, die unabhängig von dem Anbau der Leguminosen imstande sind, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren. So glaubt Berthelot nachgewiesen zu haben, daß die Menge des durch die assimilatorische Thätigkeit der Bakterien dem Boden zugeführten Stickstoffes sich unter Umständen auf 15 Pfd. pro Morgen und Jahr berechnet.

Diese Beobachtungen, welche nach der Ansicht Caron's gerade so wie die bekannten Untersuchungsresultate von Hellriegel und Wilfarth im vollkommenen Einklange mit der Erfahrung der Praxis stehen, — so weist Caron auf die in vielen Fällen mit gutem Erfolge betriebenen Einfelderwirtschaft und die dabei ohne Stickstoffzufuhr erzielten Erträge, sowie auf die Wiesen hin, welche ohne Düngung Jahre lang große Stickstoffmengen liefern und unter Umständen den Stickstoffvorrat des Bodens vermehren — veranlaßten Caron, sich näher mit der Bakterienflora des Bodens zu beschäftigen und zunächst zu untersuchen, wie sich die Bakterien zu den gebauten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen verhalten. Diese Untersuchungen ergaben, daß die Bakterienflora durchaus nicht auf demselben Boden und demselben Acker konstant ist, sondern vielmehr in ganz bestimmten Beziehungen zu den auf dem Felde gebauten Nutzpflanzen steht. So fand Caron regelmäßig, daß der Gehalt des Bodens an Bakterien im Herbste stets auf den Feldern unter sonst gleichen Verhältnissen am geringsten war, die mit Halmfrüchten bestanden gewesen waren, und besonders dann, wenn dieser Halmfrucht eine eben solche vorausgegangen war. Unter Blattfrüchten war der Bakteriengehalt stets höher, am höchsten war er aber stets im Herbst auf den Äckern, welche schwarz gebracht worden waren. Es betrug z. B. die Zahl der Bakterien in Millionen pro ccm Boden:

			Schwarzbrache	Klee	Haferstoppel
im Herbst	1892	Millionen	10 — 15	5	1 — 2
„ „	1893	„	8 — 10	5 — 6	1 — 1,5
„ „	1894	„	2 — 3	?	0,5 — 1,0
„ „	1896	„	3 — 4	2 — 3	0,4 — 1,0

Aber nicht nur die Zahl der Bakterien, sondern auch das Vorkommen der einzelnen Bakterienart im Boden wechselt regelmäßig im Laufe des Jahres, insofern als die Gelatine verflüssigenden Arten, welche an sich in geringster Menge vorhanden sind, unter den Halmfrüchten am stärksten abnehmen, unter Blattfrüchten und in der Brache am stärksten zunehmen. Die Bakterienflora des Bodens ist daher im Herbste eine ganz andere als im Frühjahr. Der günstige Einfluß der Brache auf die Entwickelung der Bakterienflora dürfte nach Caron darauf zurückzuführen sein, daß die Brache den Bakterien Wärme, Luft und Feuchtigkeit in günstigerem Maße bietet als der bestandene Boden.

Ferner wurde die Beobachtung gemacht, daß unter sonst gleichen Bedingungen die Ernte stets auf den Feldern am größten war, welche bei der Bestellung den höchsten Gehalt an Bakterien besaßen, und es unterliegt nach der Meinung Carons keinem Zweifel, daß diese Differenzen der natürlichen Fruchtbarkeit in direktem Zusammenhange stehen mit dem größeren oder geringeren Gehalte des Bodens an Bakterien.

Diese Beobachtungen, zusammengehalten mit den oben erwähnten Untersuchungen von Berthelot, ließen Caron schließen, daß das bessere Wachstum der Kulturpflanzen auf bakterienreichen Böden zum größten Teil darin seinen Grund hat, daß gewisse Arten dieser Bodenbakterien eben den Stickstoff der Luft, und vielleicht auch den im Ackerboden vorhandenen Stickstoff, den Kulturpflanzen zugänglich machen. Ist aber diese Erwägung richtig, so muß es ferner möglich sein, durch direkte Vermehrung dieser nützlichen Bakterien die Fruchtbarkeit des Bodens zu heben.

Caron hat nun die seiner Meinung nach nützlichste Bakterienart in Reinkultur gezüchtet und mit derselben Impfversuche sowohl in Töpfen als auch im freien Felde angestellt und glaubt den Beweis erbracht zu haben, daß die zur Impfung verwendete Bakterienart in der That die Fähigkeit besitzt, fördernd auf das Wachstum der Halmfrüchte einzuwirken. Diese Bakterienart wird seitdem als Alinit in den Handel gebracht. — So entstand das Alinit.

Die von verschiedenen Seiten über das Alinit angestellten Untersuchungen haben ergeben, daß die dasselbe darstellende Bakterienart nichts anderes ist, als eine Reinkultur einer zur Gruppe der Heubacillen gehörigen Bakterie, wahrscheinlich der Heubacillus Bacillus subtilus selbst, welcher zu den Fäulnisbakterien gehört und im Erdboden weit verbreitet ist.

Wenn man die Ausführungen und Versuche Caron's, auf die weiter einzugehen hier nicht der Ort ist, näher prüft, so muß man ohne Zweifel zu dem Ergebnisse gelangen, daß die experimentellen Grundlagen, die an und für sich die Kritik in manchen Punkten herausfordern, in keinem rechten Verhältnisse zu den daraus abgeleiteten Resultaten stehen, deren exakte, wissenschaftliche Begründung man überhaupt vermißt.

So muß, um nur eins herauszugreifen, die Wahl der zur Alinitbereitung verwendeten Bakterienart als eine ziemlich willkürliche bezeichnet werden, und es fehlt jeder einwandsfreie Nachweis darüber, ob das Alinit die Fähigkeit, den elementaren Stickstoff der Luft den Pflanzen nutzbar zu machen, wirklich besitzt.

Nach den bisherigen auf diesem Gebiete angestellten Forschungen, muß dieses als ziemlich zweifelhaft hingestellt werden. Die praktischen Versuche, die mit dem Alinit angestellt worden sind, tragen auch nicht dazu bei, den Glauben an dasselbe zu erhöhen.

Wenn wir trotzdem diesen Gegenstand hier etwas ausführlicher behandelt haben, so geschah dieses aus einem anderen Grunde.

So zweifelhaft es nun auch um das Alinit bestellt sein mag, so zweifellos ist es andererseits ein hohes Verdienst Caron's, die Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand gelenkt zu haben, der von weittragender Bedeutung für die Landwirtschaft sein dürfte. Es ist dieses die Bedeutung der Brachhaltung für die schweren Bodenarten.

In neuerer Zeit hat man immer mehr versucht, den Anbau von Gründüngungspflanzen auch auf die schweren Böden zu übertragen, trotz der diesem Unternehmen entgegenstehenden Schwierigkeiten, und trotzdem die Gründüngungspflanzen aus den bei der Besprechung der Gründüngung angegebenen Gründen für den schweren Boden

eine weit geringere, ja oft problematische Bedeutung besitzen. Wenn es nun auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht angängig sein dürfte, der vollen Schwarzbrache auf den schweren Böden das Wort zu reden, so dürfte es doch nach den Untersuchungen und Beobachtungen Caron's, sowie nach den Versuchen, die Edler über die Wirkung von Gründüngung und Brache auf schwerem Boden mitgeteilt hat,*) mindestens sehr wahrscheinlich sein, daß eine Brachbearbeitung des schweren Bodens im Herbste dem Anbau von Gründüngungspflanzen entschieden vorzuziehen und von größerem Nutzen ist.

Inwieweit es außerdem noch aussichtsvoll ist, durch Übertragung von durch Brachbearbeitung an nützlichen Bakterien angereichertem Boden auf andere Felder die Fruchtbarkeit derselben zu erhöhen, muß weiterer Forschung zu entscheiden vorbehalten bleiben.

Über neuere Düngemittel. Von Zeit zu Zeit tauchen auf dem Markte neue Düngemittel auf, die teils einen wirklichen Wert besitzen, wie z. B. das Wolters-Phosphat 2c., denen teils aber ein Wert nur insofern innewohnt, als sie manche Landwirte durch Schaden klug machen. Die letztere Aufgabe erfüllen in besonders hohem Grade das Henselsche Steinmehl, sowie der Wildunger Mineraldünger.

Es ist hier nicht der Platz, auf alle in den letzteren Jahren neu aufgetauchten Düngemittel einzugehen; wir wollen aber nicht verfehlen, allen beteiligten Kreisen zu raten, vor dem Ankauf ihnen unbekannter Düngemittel sich zunächst um Aufschluß an eine Versuchsstation zu wenden.

IV. Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.

Die Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen wird in einem besonderen Teile dieses Werkes, der speciellen Pflanzenbaulehre, näher abgehandelt werden, wir wollen daher an dieser Stelle auf diesen Gegenstand nicht tiefer eingehen.

Um aber einige Anhaltspunkte über diejenigen Düngermengen zu geben, welche für einzelne Kulturpflanzen anzuwenden sind, wollen wir hier einige diesbezüglichen Angaben Wagner's folgen lassen.

		Schwache Düngung	Mittlere Düngung	Starke Düngung
Halmgewächse				
Stickstoff	pro ha	15 kg	25 kg	60 kg
Phosphorsäure	„ „	30 „	50 „	80 „
Kali	„ „	30 „	50 „	100 „
Kleearten u. Hülsenfrüchte				
Stickstoff	pro ha	—	—	—
Phosphorsäure	„ „	—	60 bis 80 kg	—
Kali	„ „	—	80 bis 120 „	—
Kartoffeln				
Stickstoff	pro ha	20 kg	30 kg	45 kg
Phosphorsäure	„ „	30 „	50 „	70 „
Kali	„ „	40 „	60 „	80 „

*) Vergleiche Fühling's Landwirtsch. Zeitung 1898, Heft 22 u. 23.

Zuckerrüben			Schwache Düngung	Mittlere Düngung	Starke Düngung
Stickstoff	pro	ha	25 kg	50 kg	75 kg
Phosphorsäure	„	„	40 „	60 „	90 „
Kali	„	„	50 „	80 „	120 „
Futterrüben					
Stickstoff	pro	ha	30 kg	60 kg	90 kg
Phosphorsäure	„	„	50 „	100 „	120 „
Kali	„	„	80 „	120 „	160 „
Ölfrüchte (Nach Stutzer)					
Stickstoff	pro	ha	40 kg	50 kg	75 kg
Phosphorsäure	„	„	30 „	50 „	80 „
Kali	„	„	30 „	50 „	100 „

V. Über den Gebrauch der künstlichen Düngemittel.

Ausstreuen und Unterbringung des Düngers. Wir haben bei der Besprechung der verschiedenen Düngemittel wiederholt Gelegenheit genommen, darauf hinzuweisen, daß die Wirkung der Düngemittel in nicht unerheblichem Maße von ihrer Verteilung im Boden abhängig ist. Der Landwirt wird daher dafür Sorge tragen müssen, daß die Düngemittel möglichst gleichmäßig über die zu düngende Fläche verbreitet und möglichst innig mit der Ackerkrume vermischt werden.

Hierzu ist zunächst erforderlich, daß die Düngemittel sich in einem gut streubaren und genügend feinen Zustande befinden.

Der Chilesalpeter, sowie die nicht mit Torfmull vermischten Kalirohsalze lassen in gedachter Hinsicht oft zu wünschen übrig, da sie wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaften zu mehr oder weniger großen Klumpen zusammenballen.

Solche Düngemittel müssen vor ihrer Verwendung gehörig zerkleinert werden, wobei die im Handel befindlichen Düngermühlen gute Dienste leisten.

Das Ausstreuen des Düngers kann entweder mit der Düngerstreumaschine oder mit der Hand vorgenommen werden und muß, wie gesagt, in der Weise geschehen, daß alle Teile des Ackers annähernd die gleiche Menge Dünger erhalten. Nur auf diese Weise wird man auf eine günstige Ausnutzung des Düngers rechnen können.

In manchen Fällen empfiehlt es sich, den Dünger zuvor mit trockener, gesiebter Erde zu vermengen.

Der Chilesalpeter, der, wie wir wissen, vom Boden nicht absorbiert wird, kann als Kopfdünger angewendet werden. Alle übrigen Düngemittel müssen in der Regel durch geeignete Maßnahmen mit der Ackerkrume soweit wie möglich vermischt werden. Das Vermischen des Düngers mit dem Boden nimmt man am rationellsten mit Hilfe des Pfluges vor. Die Tiefe des Unterpflügens richtet sich nach Beschaffenheit des

Bodens. In den meisten Fällen ist mehr ein tieferes wie flaches Unterpflügen angebracht, zumal bei tiefwurzelnden Gewächsen und auf den Böden, auf welchen die Pflanzen leicht Mangel an Wasser leiden. Es ist bekannt, daß die Pflanzen aus Gründen, die hier nicht näher erörtert werden sollen, „den Nährstoffen nachgehen".

Aus diesem Grunde hat man auch unter bestimmten Verhältnissen mit der Untergrundsdüngung gute Erfolge erzielt.

Das Mischen der Düngemittel. Da die künstlichen Düngemittel keine indifferenten Stoffe, sondern chemisch wirksame Körper darstellen, so können beim Vermischen derselben unter gegebenen Verhältnissen Umsetzungen eintreten, die teils mit einem Verluste von Nährstoffen, teils mit einem Unlöslichwerden derselben verknüpft sein können. Ohne auf die chemischen Ursachen, die bald einfacher, bald zusammengesetzter Art sind, näher eingehen zu wollen, lassen wir nachstehend ein Verzeichnis derjenigen Düngemittel folgen, welche nicht mit einander vermischt werden dürfen, sondern getrennt ausgestreut werden müssen.

Es darf nicht vermischt werden:

1. Salpeter mit freie Schwefelsäure enthaltenden feuchten Superphosphaten.
2. Schwefelsaures Ammoniak mit kalkhaltigen oder sonstigen alkalischen Düngemitteln, wie Kalk, Mergel, Asche, Thomasphosphatmehl.
3. Superphosphat mit kalkhaltigen Düngemitteln, wie Kalk, Mergel, Thomasphosphatmehl, Phosphoriten.
4. Thomasphosphatmehl mit Superphosphaten, ammoniakhaltigen Düngemitteln, Kainit.
5. Peru-Guano mit kalkhaltigen Düngemitteln oder sonstigen alkalischen Substanzen.
6. Ammoniak-Superphosphat vergleiche unter 2 und 3.
7. Kainit, Karnallit mit Thomasphosphatmehl.
8. Kalk, Mergel 2c. mit ammoniakhaltigen Düngemitteln, Superphosphat.

VI. Vorschriften für die Entnahme von Dünger- und Bodenproben.

a) Probenahme-Vorschrift für Erdboden.

Die Aufnahme der Bodenproben geschieht je nach der Größe der Fläche (eine möglichst gleichmäßige Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt) von 3, 5, 9, 12 oder mehr verschiedenen, in gleicher Entfernung von einander gelegenen Stellen. Die Proben werden durch senkrechten, gleichtiefen Abstich bis zur Pflugtiefe genommen, für etwaige Untersuchung des Untergrundes bis zu 60 resp. 90 cm Tiefe. Die Einzelproben werden entweder getrennt, oder, wenn es sich um Feststellung eines Durchschnittswertes handelt, in sorgfältig gemischtem Zustande zur Untersuchung an eine Versuchsstation geschickt. Das Gewicht einer jeden Probe muß ungefähr 5 kg betragen.

b) Anweisung zur Entnahme von Proben bei Handelsdünger.

Bei der Probenahme sind folgende Bedingungen genau zu erfüllen:

1. Die Probenahme hat von dem Empfänger oder dessen Beauftragten an der Bahnstation oder innerhalb zweier Tage nach Eintreffen der Ware am Empfangsort, entweder im Beisein eines Vertreters des Lieferanten oder unter Mitwirkung einer unparteiischen, mit diesen Bedingungen bekannt zu machenden Persönlichkeit zu geschehen.

2. Bei künstlichen Düngemitteln sind mittelst eines geeigneten Probeziehers, welcher in der Längsrichtung der liegenden Säcke einzuführen ist, oder, falls ein solcher nicht vorhanden, mittelst eines Löffels oder einer kleinen Schaufel (nicht mit der Hand) aus 15 % der Säcke, mindestens aber aus 5 Säcken (bei weniger als 5 Säcken aus jedem Sack) Proben zu ziehen, und zwar aus verschiedenen Schichten (nicht lediglich aus der Mitte).

Diese Einzelproben sind auf einem reinen Papierbogen sorgfältig zu mischen; die Mischung ist in eine etwa 2 bis 3 cm hohe Schicht auszubreiten und ein entsprechender Ausschnitt im Gewichte von mindestens 500 g (1 Pfund) aus der ausgebreiteten Masse zur Probe heranzuziehen. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß auch diejenigen Teile, welche sich durch Entmischung weniger in den obersten Schichten der ausgebreiteten Probe, dagegen mehr in der untersten vorfinden, nicht zurückgelassen werden.

Nasse oder beschädigte Säcke sind von dieser Probenahme auszuschließen, aus denselben ist vielmehr eine gesonderte Probenahme zu bewerkstelligen.

3. Die Proben sind in durchaus reine und trockene Blechdosen,*) Glasflaschen, Thongefäße oder dergl. zu verpacken, gut zu verschließen, zu versiegeln und mit Inhaltsangabe zu versehen.

4. Unter allen Umständen empfiehlt es sich, mindestens 2 Proben in vorschriftsmäßiger Weise zu entnehmen, um in etwaigen Streitfällen ein zweites unanfechtbares Beweismittel in Händen zu haben.

5. Hat der Lieferant mit dem Käufer besondere Probenahme-Vorschriften vereinbart, so sind letztere selbstverständlich allein maßgebend.

VII. Tabellen.

A) Mittlere Zusammensetzung von Ernteprodukten etc.

Mittlere Menge des Wassers, des Stickstoffes, der Gesamtasche und der wichtigeren Aschenbestandteile in 1000 Teilen der frischen oder lufttrockenen Substanz. Nach E. Wolff.*)

*) Bei Düngemitteln, welche wasserlösliche Phosphorsäure enthalten (Superphosphat 2c.), sind Blechdosen nur dann zu verwenden, wenn letztere im Innern mit einem Lacküberzug versehen sind.

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
I. Heu.											
a) Wiesenheu und Gräser.											
Andelheu (Poa maritima)	150	—	57,9	6,6	5,8	2,5	1,7	2,6	1,0	27,5	6,4
Alpenheu	150	18,5	29,7	7,7	0,4	7,1	2,4	2,7	1,4	7,2	0,7
Fettweide	150	25,5	82,4	31,6	1,3	10,1	4,6	7,4	2,7	15,9	8,4
Gras, jung u. Grummet	160	19,1	76,0	22,3	3,0	10,4	5,1	5,9	4,1	19,4	4,5
„ saures	140	—	37,2	8,8	—	7,0	1,8	1,4	3,7	13,8	—
Halmfrüchte in d. Blüte	150	—	59,4	19,3	1,0	3,4	1,7	5,6	1,5	24,7	2,3
Knaulgras	143	—	50,8	16,7	2,2	3,1	1,4	3,6	1,3	16,7	3,6
Marschheu, bestes	150	--	72,9	27,2	0,8	7,2	5,9	5,3	2,3	15,6	10,5
Raigras, englisches	143	16,3	58,2	20,2	2,0	4,3	1,3	6,2	2,3	18,5	6,1
Salzwiesenheu (Ostsee)	150	—	65,5	19,1	7,6	8,5	2,8	4,7	4,1	12,6	7,1
Spüljauchen-Rieselgras	160	28,7	80,1	35,0	2,5	9,5	3,2	9,3	4,6	6,9	9,9
Waldheu (Norwegen)	150	13,6	36,7	7,7	0,4	2,5	2,1	1,4	1,4	9,9	1,1
Wiesenheu	143	15,5	59,8	16,0	2,2	9,5	4,1	4,3	3,1	17,2	3,7
„ ungesundes*)	140	14,4	44,5	12,0	0,6	5,4	2,7	2,3	1,8	17,0	2,1
b) Kleearten und Hülsenfrüchte.											
Esparsette in der Blüte	167	22,1	45,8	13,0	1,5	16,8	3,0	4,6	1,4	3,7	1,8
Erbsen, grün	167	22,9	62,4	23,2	2,3	15,6	6,3	6,8	5,1	0,8	2,0
Hopfenklee	167	23,3	53,7	16,8	4,4	14,9	4,5	4,4	2,2	1,9	4,8
Inkarnatklee	167	19,5	50,7	11,7	4,3	16,0	3,1	3,6	1,3	8,2	1,8
Kleegras	160	17,8	54,9	25,6	0,9	5,6	2,3	5,3	2,8	11,1	1,2
Lupinenheu	167	27,4	34,2	8,0	2,5	8,8	3,3	5,8	1,9	2,4	0,6
Luzerne, Anf. d. Blüte	160	23,0	62,0	14,6	1,1	25,2	3,1	5,3	3,6	5,9	1,9
Rotklee, ganz jung	167	35,5	82,3	29,7	1,9	23,5	7,6	10,0	1,8	2,5	3,3
„ im Knospen	165	24,5	68,4	25,3	1,4	20,7	7,6	6,9	1,7	1,8	2,4
„ in der Blüte	160	19,7	57,6	18,6	1,1	20,1	6,3	5,6	1,9	1,6	2,2
„ in der Reife	150	12,5	44,7	10,0	1,4	15,8	6,9	4,4	1,4	3,0	1,3
Sandwicke, Anf. d. Blüte	167	41,5	84,2	24,4	0,8	18,1	5,7	9,7	4,3	7,3	2,5
Schwedischer Klee	160	24,0	40,0	11,1	1,2	13,6	5,0	4,1	1,6	1,6	2,2
Serradella	167	21,6	81,6	31,9	1,7	18,2	2,8	9,1	3,1	7,0	2,1
Weißklee in der Blüte	165	23,2	61,1	13,1	4,4	18,4	5,8	7,8	4,5	2,7	2,6
Wicken, grün, i. d. Blüte	167	22,7	56,0	19,7	2,4	16,3	4,6	6,2	3,4	1,1	1,4
Wundklee in der Blüte	167	22,1	53,2	14,5	0,7	27,7	2,5	4,7	0,7	1,7	6,6
c) Sonstige Futterpflanzen.											
Ackerspörgel	167	19,2	56,3	19,7	4,5	10,8	6,8	8,3	1,9	0,8	4,4
Beinwell, Anf. d. Blüte	167	35,2	141,0	51,4	2,5	25,0	5,3	10,8	2,8	24,0	5,6
Brennessel	114	29,3	120,0	38,5	2,9	33,9	8,6	9,4	10,0	4,8	8,0
Buchweizen in der Blüte	160	21,4	69,1	21,4	1,6	27,9	9,2	4,2	2,5	0,8	0,5
Grünraps, Anf. d. Blüte	160	29,9	68,0	22,6	2,3	15,0	2,7	7,6	9,5	3,2	5,0
Wasserpest	169	24,3	166,2	23,6	16,1	52,3	9,4	16,0	6,8	24,0	6,1

*) Wiesenheu aus Gegenden, wo die Knochenbrüchigkeit des Rindviehes häufig vorkommt.

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
II. Grünfutter.											
a) Wiesenfutter und Gräser.											
Fettweide	782	7,2	21,1	8,1	0,3	2,6	1,2	1,9	0,7	4,1	2,1
Futterroggen	760	5,3	16,3	6,3	0,1	1,2	0,5	2,4	0,2	5,2	0,6
Gras, jung u. Grummet	800	5,6	18,1	5,3	0,7	2,5	1,2	1,4	1,0	4,6	1,1
Hafer, grün	810	3,7	14,2	5,6	0,5	0,9	0,4	1,3	0,5	4,4	0,6
Halmfrüchte in Blüte . .	785	4,5	15,0	4,4	0,3	0,9	0,4	1,4	0,4	6,2	0,6
Knaulgras	700	—	17,8	5,9	0,8	1,1	0,5	1,3	0,5	5,9	1,3
Mais, grün	829	1,9	10,4	3,7	0,5	1,4	1,1	1,0	0,3	1,9	0,5
Mohar, Anf. d. Blüte .	750	5,0	17,4	6,3	0,4	1,8	1,6	1,0	0,6	4,9	0,9
Raigras	700	5,7	20,4	7,1	0,7	1,5	0,4	2,2	0,8	6,5	2,1
Sorgho in der Blüte .	773	4,0	14,0	3,9	1,9	1,3	0,6	0,8	0,5	4,0	1,1
Süßgräser überhaupt . .	700	5,4	22,1	7,1	0,6	1,7	0,7	1,8	0,9	8,1	1,3
Timotheegras	700	5,4	20,5	7,1	0,4	1,7	0,7	2,4	0,6	6,6	1,1
Wiesenfutter in Blüte .	750	4,8	17,5	4,7	0,7	2,8	1,2	1,2	0,9	5,0	1,1
b) Kleearten und Hülsenfrüchte.											
Erbsen, grün	815	5,1	13,9	5,2	0,5	3,5	1,4	1,5	1,1	0,2	0,4
Esparsette in der Blüte	800	5,1	11,0	3,1	0,4	4,0	0,7	1,1	0,3	0,9	0,4
Inkarnatklee	815	4,3	11,3	2,6	1,0	3,6	0,7	0,8	0,3	1,8	0,4
Kleegras	750	5,3	16,4	7,6	0,3	1,7	0,7	1,6	0,8	3,3	0,3
Lupinen, grün	850	5,0	6,2	1,5	0,5	1,6	0,6	1,1	0,4	0,4	1,1
Luzerne, Anf. d. Blüte .	740	7,2	19,2	4,5	0,3	8,5	0,9	1,6	1,1	1,8	0,6
Rotklee, ganz jung . . .	860	6,0	14,0	5,1	0,3	3,9	1,3	1,7	0,3	0,4	0,6
„ im Knospen . .	820	5,3	14,7	5,5	0,3	4,5	1,6	1,5	0,4	0,4	0,5
„ in der Blüte .	800	4,8	13,7	4,4	0,3	4,8	1,5	1,3	0,4	0,4	0,5
Schwedischer Klee	820	5,3	8,6	2,4	0,3	2,9	1,1	0,9	0,4	0,3	0,5
Serradella in Blüte . .	800	4,8	19,6	7,7	0,4	4,3	0,7	2,2	0,8	1,7	0,5
Weißklee in Blüte . . .	805	5,6	14,3	3,1	1,0	4,3	1,4	1,8	1,1	0,6	0,6
Wundklee in Blüte . .	830	4,5	10,9	3,0	0,1	5,7	0,5	1,0	0,2	0,4	0,1
c) Sonstige Futterpflanzen.											
Ackerspörgel	800	3,7	13,5	4,7	1,1	2,6	1,6	2,0	0,5	0,2	1,1
Brennessel	830	5,6	23,0	7,4	0,6	6,5	1,6	1,8	1,9	0,9	1,5
Buchweizen in Blüte . .	850	3,9	12,4	3,8	0,3	5,0	1,6	0,8	0,5	0,1	0,1
Hopfen, ausgebraut . . .	856	4,3	4,6	0,4	0,1	1,2	0,6	1,1	0,2	0,7	0,0
Raps, Anfang d. Blüte	870	4,6	10,5	3,5	0,4	2,3	0,4	1,2	1,5	0,5	0,8
Wasserpest	880	3,5	24,0	3,4	2,3	7,6	1,4	2,3	1,0	3,5	0,9
III. Wurzelgewächse.											
Cichorie	800	2,5	6,7	2,6	1,0	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,5
Futterrunkel	880	1,8	9,1	4,8	1,5	0,3	0,4	0,8	0,3	0,2	0,9
Kartoffel	750	3,4	9,5	5,8	0,3	0,3	0,5	1,6	0,6	0,2	0,3
Kohlrübe	870	2,1	7,5	3,5	0,4	0,9	0,3	1,1	0,7	0,1	0,5
Möhre	850	2,2	8,2	3,0	1,7	0,9	0,4	1,1	0,5	0,2	0,4
Topinambur	800	3,2	9,8	4,7	1,0	0,3	0,3	1,4	0,6	0,2	0,4
Turnips, Weißrübe . . .	920	1,8	6,4	2,9	0,6	0,7	0,2	0,8	0,7	0,1	0,3
Zuckerrübe	815	1,6	7,1	3,8	0,6	0,4	0,6	0,9	0,3	0,2	0,3
Zuckerrübenköpfe	840	2,0	9,6	2,8	2,3	0,9	1,1	1,2	0,7	0,2	0,2

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
IV. Blätter und Kraut der Wurzelgewächse.											
Cichorie	850	3,5	16,5	4,3	2,9	3,3	0,4	1,0	1,4	0,6	2,7
Futterrunkel	905	3,0	14,6	4,5	2,8	1,6	1,4	1,0	0,8	0,5	2,3
Kartoffel, fast reif	770	4,9	19,7	4,3	0,4	6,4	3,3	1,6	1,3	0,9	1,1
„ unreif	825	6,3	16,5	4,4	0,3	5,1	2,4	1,2	0,8	1,2	0,9
Kohlrübe	884	3,4	19,6	2,8	0,8	6,5	0,8	2,0	2,3	2,1	1,5
Möhre	822	5,1	23,9	2,9	4,7	7,9	0,8	1,0	1,8	2,4	2,4
Topinambur	800	5,3	14,5	3,1	0,2	5,0	1,3	0,7	0,2	3,6	0,4
Turnips	898	3,0	11,9	2,8	1,1	3,9	0,5	0,9	1,1	0,5	1,2
Weißkraut	890	2,4	15,6	5,8	1,5	2,8	0,6	1,4	2,4	0,1	1,3
Zuckerrübe	897	3,0	15,3	4,0	2,0	3,1	1,7	0,7	0,8	1,6	1,3
V. Gemüsearten.											
Artischocke	811	—	10,1	2,4	0,7	1,0	0,4	3,9	0,5	0,7	0,2
Batate	758	2,4	7,4	3,7	0,5	0,7	0,3	0,8	0,4	0,3	0,9
Blumenkohl, Herz	904	4,0	8,0	3,6	0,5	0,5	0,3	1,6	1,0	0,3	0,3
Gurke, ganze Frucht	956	1,6	5,8	2,4	0,6	0,4	0,2	1,2	0,4	0,5	0,4
Kohlrabi, Wurzel	850	4,8	12,3	4,3	0,8	1,4	0,8	2,7	1,1	0,3	0,6
Kopfsalat	943	2,2	10,3	3,9	0,8	1,5	0,6	1,0	0,4	0,8	0,8
Kürbis, ganze Frucht	900	1,1	4,4	0,9	0,9	0,3	0,2	1,6	0,1	0,3	—
Lattich	940	—	8,1	3,7	0,8	0,5	0,2	0,7	0,3	1,3	0,4
Lauch, Zwiebel	876	4,5	8,4	2,6	1,2	0,9	0,3	1,4	0,6	0,6	0,3
„ Blätter	908	3,4	7,6	3,1	0,5	1,7	0,3	0,6	0,3	0,6	0,5
Meerrettich, Wurzel	767	4,3	19,7	7,7	0,4	2,0	0,4	2,0	4,9	1,5	0,3
Pastinake, Wurzel	793	5,4	10,0	5,4	0,2	1,1	0,6	1,9	0,5	0,2	0,4
Pilze, eßbare	888	4,7	10,0	5,1	0,2	0,1	0,3	3,4	0,4	0,1	0,1
Radieschen	933	1,9	4,9	1,6	1,0	0,7	0,2	0,5	0,3	—	0,5
Salat, römischer	925	2,0	9,8	2,5	3,5	1,2	0,4	1,1	0,4	0,3	0,4
Schnittlauch	820	6,2	9,9	3,3	0,4	2,1	0,5	1,5	1,2	0,3	0,4
Savoyerkohl, Herz	871	5,3	14,0	3,9	1,4	3,0	0,5	2,1	1,2	0,7	1,1
Sellerie, Knollen	841	2,4	17,6	7,6	—	2,3	1,0	2,2	1,0	0,7	2,8
Spargel, Sprossen	933	3,2	5,0	1,2	0,9	0,6	0,2	0,9	0,3	0,5	0,3
Spinat	903	4,9	16,0	2,7	5,7	1,9	1,0	1,6	1,1	0,7	1,0
Weißkraut, Herz	900	3,0	9,6	4,3	0,8	1,2	0,4	1,1	1,3	0,1	0,5
Zwiebel, gemeine	860	2,7	7,4	2,5	0,2	1,6	0,3	1,3	0,4	0,7	0,2
VI. Samen u. Früchte.											
a) Halmfrüchte.											
Dinkel ohne Spelzen	143	22,0	14,4	4,3	0,7	0,6	1,0	6,5	—	0,1	—
„ mit „	148	16,0	36,6	5,7	0,4	1,0	2,6	7,6	1,1	17,1	0,2
Hafer	143	17,6	26,7	4,8	0,4	1,0	1,9	6,8	0,5	10,5	0,3
Hirse	140	20,3	29,5	3,3	0,4	0,2	2,8	6,5	0,1	15,6	0,1
Mais	144	16,0	12,4	3,7	0,1	0,3	1,9	5,7	0,1	0,3	0,2
Sommergerste	143	16,0	22,3	4,7	0,5	0,6	2,0	7,8	0,4	5,8	0,2
Sommerroggen	143	—	18,0	6,2	0,3	—	2,2	9,2	—	0,2	—
Sommerweizen	143	20,5	18,3	5,6	0,3	0,5	2,2	9,0	0,2	0,3	0,1
Sorgho	140	—	16,0	3,3	0,5	0,2	2,4	8,1	—	1,2	—
Wintergerste	145	16,0	19,0	2,8	0,7	0,1	2,1	5,6	0,5	4,9	—
Winterroggen	143	17,6	17,9	5,8	0,3	0,5	2,0	8,5	0,2	0,3	0,
Winterweizen	144	20,8	16,8	5,2	0,3	0,5	2,0	7,9	0,1	0,3	0,1
Zuckerhirse	140	—	23,4	3,5	2,0	0,2	3,1	5,8	0,2	8,6	—

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
b) Kleearten und Hülsenfrüchte.											
Ackerbohne	145	**40,8**	31,0	**12,9**	0,3	1,5	2,2	**12,1**	1,1	0,2	0,5
Erbse	143	**35,8**	23,4	**10,1**	0,2	1,1	1,9	**8,4**	0,8	0,2	0,4
Esparsette	160	—	38,4	**11,0**	1,1	12,3	2,6	**9,2**	1,2	0,3	0,5
Futterwicke	143	**44,0**	26,6	**8,0**	2,1	2,2	2,4	**9,9**	1,0	0,3	0,7
Gartenbohne	150	**39,0**	27,4	**12,1**	0,4	1,5	2,1	**9,7**	1,1	0,2	0,3
Lupine	130	**56,6**	37,0	**11,4**	0,3	2,8	4,5	**14,2**	3,2	0,1	0,3
Rotklee	150	**30,5**	38,3	**13,5**	0,4	2,5	4,9	**14,5**	0,9	0,5	0,5
Serradella	120	**34,9**	28,4	**8,2**	2,2	5,5	2,7	**7,8**	—	0,6	1,7
Sojabohne	100	**53,4**	28,3	**12,6**	0,3	1,7	2,5	**10,4**	0,8	—	0,1
Weißklee	150	—	33,8	**12,3**	0,2	2,5	3,9	**11,6**	1,6	0,8	0,5
c) Ölfrüchte.											
Baumwolle	77	**36,5**	33,8	**10,9**	2,3	1,9	5,6	**10,5**	0,7	0,1	0,5
Hanf	122	**26,1**	46,3	**9,4**	0,4	10,9	2,6	**16,9**	0,1	5,5	—
Kokosnuß, Kern	466	**8,8**	9,7	**4,3**	0,8	0,5	0,9	**1,7**	0,5	0,1	1,3
Lein	118	**32,8**	32,6	**10,0**	0,7	2,6	4,7	**13,5**	0,8	0,4	—
Mohn	147	**28,0**	51,5	**7,0**	0,5	18,2	4,9	**16,2**	1,0	1,7	2,4
Raps	118	**31,1**	39,2	**9,6**	0,6	5,5	4,6	**16,6**	0,9	0,5	0,1
Senf	130	—	36,5	**5,9**	2,0	7,0	3,7	**14,6**	1,8	0,9	0,2
Sommerrübsen	120	**36,8**	34,9	**7,7**	—	5,2	4,7	**14,9**	2,3	—	—
Wallnuß, Kern	450	—	11,7	**3,6**	0,3	1,0	1,5	**5,1**	—	—	—
d) Sonstige Samen und Früchte.											
Buchweizen	140	**14,4**	11,8	**2,7**	0,7	0,5	1,5	**5,7**	0,2	—	0,2
Cichorie	130	—	54,6	**6,5**	4,6	17,3	5,9	**16,5**	2,4	0,6	0,5
Dill	133	—	54,7	**17,3**	1,3	14,5	4,1	**9,5**	3,7	1,4	2,7
Eichel, frisch	553	**4,0**	9,8	**6,3**	0,1	0,7	0,5	**1,5**	0,4	0,1	0,2
Fenchel	134	—	61,4	**19,6**	1,5	12,1	8,6	**10,1**	0,5	0,2	2,1
Futterrunkel	140	—	48,8	**9,1**	8,5	7,6	8,6	**7,6**	2,1	1,1	5,3
Koriander	135	—	41,2	**14,5**	0,5	9,1	5,0	**7,6**	2,8	0,4	1,0
Krapp	144	—	62,5	**17,4**	3,8	15,5	1,7	**5,1**	2,3	6,8	3,9
Kümmel	130	—	46,4	**12,2**	3,0	8,4	3,8	**11,3**	2,5	2,3	1,4
Möhre	120	—	74,8	**14,3**	3,5	29,1	5,0	**11,8**	4,2	4,0	2,8
Obst und Beeren:											
Apfel, ganze Frucht	831	**0,6**	2,2	**0,8**	0,6	0,1	0,2	**0,3**	0,1	0,1	—
Birne, ganze Frucht	831	**0,6**	3,3	**1,8**	0,3	0,3	0,2	**0,5**	0,2	0,1	—
Erdbeere	902	—	3,3	**0,7**	0,9	0,5	—	**0,5**	0,1	0,4	0,1
Kirsche, ganze Frucht	825	—	3,9	**2,0**	0,1	0,3	0,2	**0,6**	0,2	0,4	0,1
Pflaume, " "	838	—	2,9	**1,7**	—	0,3	0,2	**0,4**	0,1	0,1	—
Stachelbeere	903	—	3,3	**1,3**	0,3	0,4	0,2	**0,7**	0,2	0,1	—
Weintraube	830	**1,7**	8,8	**5,0**	0,1	1,0	0,4	**1,4**	0,5	0,3	0,1
Weintraube, Kerne	110	**19,0**	22,7	**6,9**	0,5	5,6	1,4	**7,0**	0,8	0,2	0,1
Roßkastanie, frisch	493	**6,9**	12,0	**7,1**	—	1,4	0,1	**2,7**	0,3	0,3	0,8
Turnips	125	—	34,6	**7,6**	0,4	6,1	3,1	**14,0**	2,5	0,2	—
Zuckerrübe	146	—	45,3	**11,1**	4,2	10,2	7,3	**7,5**	2,0	0,8	1,9
VII. Stroh.											
a) Halmfrüchte.											
Hafer	143	**5,6**	61,6	**16,3**	2,0	4,3	2,3	**2,8**	2,0	28,8	2,7
Gerste	143	**6,4**	45,9	**10,7**	1,6	3,3	1,2	**1,9**	1,8	23,4	1,5

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Mais	150	4,8	45,3	16,4	0,5	4,9	2,6	3,8	2,4	13,1	0,6
Sommerroggen	143	5,6	46,7	11,7	—	4,0	1,2	2,8	1,5	25,2	—
Sommerweizen	143	5,6	38,1	11,0	1,0	2,6	0,9	2,0	1,2	18,2	0,8
Winterdinkel	143	4,0	50,1	5,2	0,3	2,9	1,2	2,6	1,2	36,0	0,5
Winterroggen	143	4,0	38,2	8,6	0,7	3,1	1,2	2,5	1,6	18,8	0,8
Winterweizen	143	4,8	46,0	6,3	0,6	2,7	1,1	2,2	1,1	31,0	0,8
b) Sonstige Pflanzen.											
Ackerbohne	160	16,3	44,9	19,4	0,8	12,0	2,6	2,9	1,8	3,2	2,0
Buchweizen	160	13,0	51,7	24,2	1,1	9,5	1,9	6,1	2,7	2,9	4,1
Erbse	160	10,4	43,1	9,9	1,8	15,9	3,5	3,5	2,7	2,9	2,3
Futterwicke	160	12,0	44,1	6,3	6,9	15,6	3,7	2,7	3,3	3,6	2,2
Gartenbohne	160	—	40,2	12,8	3,2	11,1	2,5	3,9	1,7	1,9	3,1
Lupine	160	9,4	42,6	17,7	1,3	9,7	3,4	2,5	3,4	1,2	1,4
Mohn	160	—	48,6	18,4	0,6	14,7	3,1	1,6	1,5	5,5	1,3
Raps	160	5,6	41,3	11,3	3,9	11,7	2,5	2,5	3,1	2,6	3,5
Sojabohne	140	13,1	32,7	5,0	0,7	14,6	5,0	3,1	2,1	1,8	—
VIII. Spreu.											
a) Halmfrüchte.											
Hafer	143	6,4	71,2	4,5	2,9	4,0	1,5	1,3	3,5	50,4	0,8
Gerstegrannen	143	4,8	118,6	9,3	1,1	12,5	1,5	2,4	3,6	85,6	0,8
Maiskolben, Mark	140	2,3	4,5	2,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	1,3	0,2
Reis, Spelzen	100	5,0	90,0	1,4	1,4	0,9	1,8	1,7	0,8	80,7	—
Winterdinkel	143	5,6	81,4	7,7	0,3	2,0	2,0	5,9	1,9	60,4	—
Winterroggen	143	5,8	82,7	5,2	0,3	3,5	1,1	5,6	0,1	66,4	0,4
Winterweizen	143	7,2	92,0	8,4	1,7	1,7	1,2	4,0	—	74,7	—
b) Sonstige Pflanzen.											
Ackerbohne, Schoten	150	16,8	54,7	35,5	1,3	6,8	6,0	2,7	1,2	0,3	1,0
Lein, Samenkapsel	116	5,6	53,9	15,0	3,0	15,6	3,3	4,5	3,8	4,5	4,1
Leindotter, desgl.	112	4,3	43,3	12,7	1,3	16,0	2,3	1,5	4,6	3,6	0,7
Lupine, Schoten	143	7,2	19,1	9,4	1,3	4,4	0,8	1,0	0,4	0,9	0,3
Rapsschoten	140	6,4	70,1	9,5	3,0	35,1	5,8	3,7	6,4	0,8	3,5
IX. Handelspflanzen.											
Flachsfaser	100	—	6,8	0,3	0,3	3,6	0,3	0,7	0,3	0,8	—
Hanfstengel	108	—	31,7	5,5	0,6	16,8	2,1	2,1	0,6	3,1	0,6
Hopfen, ganze Pflanze	140	25,0	72,9	17,9	1,9	19,7	7,0	5,8	2,9	13,3	3,7
„ Stengel	160	15,7	38,3	11,2	1,4	12,5	2,7	3,9	1,2	2,9	3,1
„ Zapfen	120	32,2	66,4	23,0	1,5	11,0	3,6	11,1	2,4	10,9	2,1
Krappwurzeln	450	—	32,6	14,0	1,9	8,9	2,2	2,4	0,8	1,1	1,8
Leinstengel	120	—	31,1	9,7	2,5	6,9	2,0	4,2	2,0	1,7	1,3
„ geröstet	100	—	7,0	0,3	0,2	3,6	0,2	0,8	0,2	1,3	—
Maulbeerblätter	720	14,0	30,1	7,3	0,5	9,6	3,9	2,4	0,7	7,2	0,3
Rebholz und Zweige	550	4,1	12,7	4,1	1,3	4,0	0,7	1,4	0,5	0,3	0,1
Tabakblätter	180	34,8	140,7	40,9	4,5	50,7	10,4	6,6	8,5	8,1	9,4
Tabakstengel	180	24,6	64,7	28,2	6,6	12,4	0,5	9,2	2,2	1,6	2,4
Theeblätter	80	35,6	47,6	16,4	4,9	7,1	2,4	7,2	3,4	2,4	0,9
Traubenkämme	630	5,6	21,2	10,9	0,8	2,7	0,7	1,8	1,7	0,8	0,3
Traubenmost	840	1,8	4,7	3,1	0,1	0,3	0,2	0,6	0,2	0,1	0,1
Weinhefe	536	13,1	47,6	33,4	0,1	4,0	0,4	3,6	1,3	3,2	—
Weintrester	650	—	36,7	17,2	0,2	4,0	1,5	4,6	1,8	3,8	0,2

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
X. Streumaterialien.											
Besenpfriemen	250	—	13,6	**4,8**	0,3	2,2	1,6	**1,1**	0,4	1,3	0,2
Binsen	140	—	56,0	**16,9**	4,7	4,2	3,0	**4,3**	2,0	11,8	7,3
Buchenblätter im August	560	**13,0**	21,6	**4,4**	0,4	6,3	1,6	**1,8**	0,5	6,2	—
Buchenlaubstreu	140	**10,0**	46,7	**2,3**	0,5	21,2	3,1	**2,4**	1,0	14,5	—
Eichenlaubstreu	140	**10,0**	46,1	**3,5**	1,3	17,1	4,3	**2,0**	0,9	15,4	—
Farrenkraut	250	—	48,7	**18,6**	1,8	5,6	3,1	**3,7**	1,7	10,0	3,7
Fichtennadelstreu	126	**9,0**	40,3	**1,3**	0,4	16,0	1,8	**2,0**	0,6	18,1	—
Heidekraut	200	**10,0**	16,6	**2,1**	1,1	3,6	1,6	**1,1**	0,7	4,3	0,4
Kiefernnadelstreu	135	**8,0**	12,2	**1,3**	0,5	4,6	1,2	**1,0**	0,5	1,8	—
Lärchennadelstreu	140	—	34,3	**1,6**	0,5	7,5	2,4	**1,3**	0,6	19,6	—
Moos	250	**10,5**	20,6	**3,4**	1,4	2,9	1,3	**1,6**	1,1	5,5	0,7
Riedgräser	140	—	60,0	**20,2**	4,4	3,6	2,6	**4,2**	2,0	18,8	3,8
Rohrschilf	180	—	33,5	**6,0**	0,2	2,7	0,9	**1,8**	0,8	20,0	1,2
Seegras	150	**16,4**	146,7	**17,7**	31,0	20,9	12,5	**4,2**	34,7	2,9	24,2
Tannen-Nadelstreu . . .	132	—	32,8	**2,7**	0,5	19,5	2,3	**2,7**	0,8	2,5	—
Tannen-Schneidelstreu . .	150	—	28,1	**7,4**	1,8	10,8	2,0	**3,0**	1,4	0,8	—
XI. Gewerbliche Produkte und Abfälle.											
a) Mehlabfälle.											
Buchweizenkleie	140	**27,2**	29,8	**9,7**	0,6	2,9	4,0	**10,7**	0,9	0,6	—
Gerstefuttermehl	130	—	21,1	**5,5**	0,4	0,7	2,8	**10,8**	0,3	0,3	—
Gerstekleie	120	**17,6**	49,5	**8,3**	0,7	1,9	3,1	**9,1**	0,9	24,1	0,6
Gerstemehl	140	**16,0**	20,0	**5,8**	0,5	0,6	2,7	**9,5**	0,6	—	—
Haferschalen	140	**4,3**	34,7	**4,9**	0,3	1,4	1,0	**1,6**	1,3	23,2	0,5
Maismehl	140	**16,0**	5,9	**1,7**	0,2	0,4	0,9	**2,7**	—	—	—
Reisfuttermehl	100	**19,1**	54,7	**6,1**	1,2	1,2	9,5	**23,8**	0,2	10,3	—
Reisschalen	100	**4,9**	153,9	**2,4**	0,5	0,8	0,1	**4,1**	0,7	143,5	0,2
Roggenkleie	125	**23,2**	71,9	**19,4**	0,5	2,1	11,4	**34,4**	—	1,4	—
Roggenmehl	142	**16,8**	16,9	**6,5**	0,3	0,2	1,4	**8,2**	—	—	—
Weizen-Brotmehl	120	**21,6**	11,2	**3,5**	0,1	0,6	1,4	**5,6**	—	—	—
Weizen-Feinmehl	136	**18,9**	4,4	**1,5**	—	0,3	0,4	**2,2**	—	—	—
Weizenkleie.	131	**22,4**	53,5	**15,3**	0,3	1,5	9,0	**26,9**	—	0,2	—
Weizen-Koppstaub . . .	92	**24,4**	26,5	**8,4**	0,6	2,2	3,5	**11,7**	—	—	—
b) Landwirtschaftliche Gewerbe.											
Bier	900	**0,5**	3,1	**1,1**	0,3	0,1	0,2	**1,0**	0,1	0,3	0,1
Biertreber	766	**7,8**	10,6	**0,4**	0,1	1,5	1,1	**3,9**	—	3,5	—
Darrmalz	75	**16,0**	25,6	**4,4**	—	1,0	2,2	**9,3**	—	8,5	—
Diffusionsschnitzel	948	**0,8**	3,3	**0,3**	0,1	1,1	0,2	**0,2**	0,1	0,7	0,1
Grünmalz	475	**10,4**	14,6	**2,5**	—	0,5	1,2	**5,3**	—	4,8	—
Kartoffelfaser	850	**1,3**	1,1	**0,2**	—	0,5	0,1	**0,3**	—	—	—
Kartoffelschlempe	930	**1,6**	6,6	**3,0**	0,5	0,3	0,6	**1,3**	0,5	0,2	0,2
Malzkeime	80	**36,8**	67,6	**20,8**	1,2	1,9	1,9	**18,2**	2,7	14,9	4,7
Melasseschlempe	920	**3,2**	12,1	**9,5**	1,3	0,1	—	**0,1**	0,2	—	0,5
Rübenmelasse	172	**12,8**	82,6	**58,7**	10,1	4,1	0,3	**0,5**	1,6	0,3	8,2
Rübenpreßlinge	700	**2,9**	11,1	**3,8**	0,9	2,5	0,7	**1,1**	0,4	0,9	0,4
c) Ölkuchen.											
Baumwollsamenkuchen . .	112	**62,1**	66,4	**15,8**	—	2,9	10,1	**30,5**	0,8	5,5	—

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Buchelkuchen	160	29,1	40,4	6,1	4,3	12,4	3,3	9,1	0,6	3,9	0,4
Erdnußkuchen	104	75,6	39,7	15,0	0,9	1,6	5,2	13,1	0,9	1,2	0,9
Kandlenußkuchen	77	84,5	78,5	17,5	0,3	4,2	13,5	40,1	0,3	0,1	0,8
Kokosnußkuchen	127	37,4	53,3	19,6	1,5	5,5	3,0	13,0	1,8	1,8	6,2
Leinkuchen	122	47,2	51,3	12,5	0,8	4,3	8,1	16,2	1,7	6,4	0,4
Mohnkuchen	115	51,0	77,4	2,3	2,3	27,1	6,2	31,7	1,9	5,6	0,5
Olivenölkuchen	138	—	27,8	7,9	1,9	6,1	0,3	2,5	1,2	5,6	0,2
Palmölkuchen	100	25,9	26,1	5,0	0,2	3,1	4,5	11,0	0,5	0,8	—
Rapskuchen	113	50,5	57,0	13,0	1,9	7,1	7,3	20,0	3,4	2,9	0,4
Sesamkuchen	111	58,6	93,8	14,5	3,5	25,1	12,8	32,7	1,7	0,9	0,6
Sonnenblumensamenkuchen	103	59,7	49,7	11,7	—	5,4	8,1	21,5	1,0	0,3	0,3
Wallnußkuchen	137	55,3	46,2	15,3	—	3,1	5,6	20,2	0,6	0,7	0,1
XII. Tierische Produkte.											
a) Molkereiwesen.											
Handkäse	480	52,3	68,4	3,3	31,3	1,7	—	9,4	—	—	30,1
Kolostrum	730	30,7	11,8	0,9	0,7	4,1	0,2	3,3	—	—	1,3
Kuhmilch	875	5,4	7,2	1,7	0,4	1,7	0,2	2,0	0,1	—	1,0
„ abgerahmt	911	4,6	7,9	2,1	0,5	1,7	0,2	2,2	0,3	—	0,9
Kuhmolken	933	0,9	5,4	1,7	0,7	1,0	—	0,9	0,2	—	0,8
Meiereikäse (Holstein)	513	51,2	50,1	6,6	0,7	17,7	1,2	19,2	0,1	—	3,7
Parmesankäse	322	37,0	39,8	1,1	5,8	14,8	0,5	14,4	0,4	—	0,5
Schafmilch	816	11,2	7,3	1,6	0,3	2,1	—	2,6	0,1	0,2	0,6
Schweizerkäse	358	43,5	72,9	1,8	24,1	13,0	0,6	14,9	—	0,1	24,5
Ziegenmolken	920	1,5	5,9	2,3	0,6	0,4	0,3	0,8	0,2	—	1,7
b) Tiere u. Tierstoffe.											
Fleischfuttermehl	115	116,5	15,9	0,9	0,5	3,6	0,6	6,9	0,2	0,1	0,3
Fleisch von Säugetieren	763	35,2	10,2	3,8	1,0	0,3	0,3	4,2	0,1	0,1	0,5
Hühnerei ohne Schale	737	20,0	9,2	1,6	2,1	1,0	0,1	3,5	—	—	0,8
Lebendes Kalb	662	25,0	38,0	2,4	0,6	16,3	0,5	13,8	—	0,1	3,0
Lebender Ochs	597	26,6	46,6	1,7	1,4	20,8	0,6	18,6	—	0,1	2,8
Lebendes Schaf	591	22,4	31,7	1,5	1,4	13,2	0,4	12,3	—	0,2	2,2
Lebendes Schwein	520	20,0	21,6	1,8	0,2	9,2	0,4	8,8	—	—	1,2
Maikäfer, frisch	704	30,1	13,4	5,0	0,8	0,4	1,1	5,6	0,2	0,2	—
Ochsenblut	790	32,0	7,9	0,6	3,6	0,1	—	0,4	0,2	0,1	2,7
Wolle, gewaschen	128	94,4	9,8	1,9	0,3	2,4	0,6	1,8	—	2,5	0,8
„ ungewaschen	150	54,0	70,8	56,2	3,0	1,8	0,4	0,7	3,4	2,0	3,2

B. Mittlere Zusammensetzung der Düngemittel. Nach E. Wolff.

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Substanz	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor u. Fluor	Kieselsäure und Sand	Eisenoxyd u. Thonerde
I. Tierische Auswürfe.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
(In 100 Teilen.)												
Frisch. Mist (m. Streu):												
Pferd	713	254	5,8	2,8	5,3	1,0	2,1	1,4	0,7	0,4	17,7	1,1
Rindvieh	775	203	3,4	1,6	4,0	1,4	3,1	1,1	0,6	1,0	8,5	0,5

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Substanz	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor u. Fluor	Kieselsäure und Sand	Eisenoxyd u. Thonerde
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Schaf	646	318	8,3	2,3	6,7	2,2	3,3	1,8	1,5	1,7	14,7	2,4
Schwein	724	250	4,5	1,9	6,0	2,0	0,8	0,9	0,8	1,7	10,8	0,7
Gew. Stallmist, frisch .	750	212	3,9	1,8	4,5	1,3	4,9	1,2	1,0	1,3	10,8	—
Mäßig verrottet . . .	750	192	5,0	2,6	6,3	1,9	7,0	1,8	1,6	1,9	16,8	—
Stark verrottet	790	145	5,8	3,0	5,0	1,3	8,8	1,8	1,3	1,6	17,0	—
Mistjauche	982	7	1,5	0,1	4,9	1,0	0,3	0,4	0,7	1,2	0,2	—
Abtritt, meist flüssig . .	955	30	5,5	2,8	2,0	4,0	1,0	0,6	0,4	4,5	0,2	—
„ in groß. Städten	974	15	4,5	1,9	2,0	2,5	0,6	0,4	0,2	3,4	—	—
Menschl. Fäces, frisch .	772	198	10,0	10,9	2,5	1,6	6,2	3,6	0,8	0,4	1,9	—
Menschl. Urin, frisch . .	963	24	6,0	1,7	2,0	4,6	0,2	0,2	0,4	5,0	—	—
Gemenge beider, frisch .	935	51	7,0	2,6	2,1	3,8	0,9	0,6	0,5	4,0	0,2	—
Frischer Mist von												
Enten	566	262	10,0	14,0	6,2	0,5	17,0	3,5	3,5	—	28,0	—
Gänsen	771	134	5,4	5,4	9,5	1,3	8,4	2,0	1,4	—	14,0	—
Hühnern	560	255	16,3	15,4	8,5	1,0	24,0	7,4	4,5	—	35,2	—
Tauben	915	308	17,6	17,8	10,0	0,7	16,0	5,0	3,3	—	20,2	—
II. Natürliche Guanoarten und Phosphate.												
a) Guano.												
Baker-Guano	11,0	7,0	0,5	34,8	0,1	1,5	40,0	1,5	1,2	—	0,6	0,1
desgl., Krusten	5,1	2,5	—	55,9	—	—	42,2	1,1	—	—	—	—
Curaçao-Guano	1,5	0,5	—	40,0	0,5 (Kali u. Natron)		50,8	1,3	1,4	—	0,9	0,4
Guanape-Guano	21,6	36,3	9,3	13,4	3,7	2,8	11,3	0,8	3,1	—	6,3	0,5
Huanillos-Guano	10,0	40,9	8,0	15,0	6,8 (Kali u. Natron)		14,6	—	—	—	3,8	—
Malden-Guano	5,1	6,9	—	35,6	0,2	1,3	46,5	1,5	0,7	0,9	0,1	0,7
Mejillones-Guano	7,3	6,9	0,9	32,9	1,5	0,5	36,7	3,1	4,5	—	2,2	0,5
Peru-Guano, roh	15,0	42,0	7,0	14,0	3,3	2,8	12,6	0,9	2,0	—	3,9	0,3
Raza-Guano	3,3	11,2	0,8	36,5	2,4 (Kali u. Natron)		36,2	1,8	—	—	4,2	1,3
Starbuk-G., Pulver . .	5,1	11,7	0,8	37,8	—	—	41,6	0,4	1,0	—	0,3	—
desgl. Krusten	5,5	6,1	0,4	41,3	—	—	42,8	0,7	2,5	0,5	0,2	—
b) Phosphat.												
Bordeaux-Phosphat . . .	5,6	—	—	32,6	—	—	42,4	0,1	0,6	0,9	5,6	8,4
Estremadura-Apatit . . .	0,6	—	—	37,6	0,7	0,3	48,1	0,1	0,2	1,5	9,0	—
Kladno-Phosphat	26,0	—	—	31,5	—	—	2,5	—	6,9	—	6,0	27,2
Koprolithen, französ. . .	3,6	—	—	20,6	—	—	32,3	0,6	—	4,5	15,7	8,1
desgl. englische	3,7	—	—	26,8	—	—	43,0	—	—	—	26,5 (Kieselsäure u. Eisenoxyd)	
desgl. russische	3,6	—	—	22,1	—	—	33,8	—	—	—	40,2 (Kieselsäure u. Eisenoxyd)	
desgl. im Grünsand .	4,3	—	—	26,4	1,0	0,5	45,4	1,0	0,8	0,1	7,5	—
Lahn-Ph., bes. reich . .	0,6	—	—	38,3	0,8	0,4	53,2	0,2	—	2,3	1,7	2,1
desgl. reich	2,5	—	—	32,3	0,8	0,4	43,2	0,1	—	1,4	6,5	13,5
desgl., mittel	2,5	—	—	24,1	0,7	0,4	40,1	0,2	—	1,5	10,0	15,5
Navassa-Phosphat	12,0	—	—	30,3	0,3	0,4	36,8	0,8	0,2	0,1	3,9	13,6
Sambrero-Phosphat . . .	7,4	—	—	35,8	—	—	38,9	0,6	0,5	0,4	1,0	9,2
Spanisch. Phosphorit . .	3,6	—	—	33,4	—	—	47,2	0,5	0,6	3,0	3,7	3,5
III. Super-Phosphate.												
Baker-Guano	15,0	6,2	0,3	21,8	0,1	1,2	25,9	1,5	28,5	0,2	0,9	—
Knochenkohle	15,0	7,0	0,5	16,0	—	0,1	25,0	0,7	22,0	—	9,3	—
Knochenmehl	13,0	23,8	2,6	17,6	0,1	0,2	24,4	0,7	17,5	0,2	2,5	—

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Substanz	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor u. Fluor	Kieselsäure und Sand	Eisenoxyd u. Thonerde
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Lahnphosphorit, reich . .	15,0	—	—	19,4	0,5	0,2	28,5	0,1	22,5	1,8	3,2	7,5
desgl., mittel	12,0	—	—	15,0	0,3	0,1	26,2	0,1	16,0	1,3	8,5	11,5
Mejillones-Guano	14,0	7,0	0,6	21,5	1,4	0,4	24,0	0,5	28,5	—	2,3	—
Peru-Guano	16,0	30,0	7,0	10,5	4,0	1,2	7,0	0,5	15,0	3,2	10,5	1,4
Sombrero-Phosphat . . .	15,0	—	—	20,2	—	0,5	28,4	0,4	26,5	0,4	0,6	—
IV. Allerlei Düngemittel u. Fabrikabfälle.												
Blutmehl	13,4	78,4	11,8	1,2	0,7	0,5	0,8	0,2	0,6	0,4	2,1	—
Elutionslauge	87,1	8,5	0,5	—	2,3	0,3	0,5	—	—	0,4	—	—
Flechsenmehl	27,8	56,6	9,7	6,3	—	—	7,0	0,3	0,1	—	1,1	—
Fray-Bentos-Guano . . .	8,0	49,1	5,8	17,4	0,3	—	22,3	—	0,2	—	2,2	—
Gerberei-Abfälle	63,3	17,9	1,4	1,3	—	—	13,2	0,3	—	—	4,8	—
Hornmehl und Späne .	8,5	68,5	10,2	5,5	—	—	6,6	0,3	0,9	—	11,0	—
Knochenasche	6,0	3,0	—	35,4	0,3	0,6	46,0	1,2	0,4	—	6,5	—
Knochenkohle	8,0	8,0	0,7	29,0	0,1	0,2	40,0	1,1	0,4	—	10,0	—
Knochenmehl	6,0	30,3	3,8	23,2	0,2	0,3	31,3	1,0	0,1	0,3	3,5	—
desgl. Fray-Bentos .	4,7	32,7	3,8	25,1	—	—	31,6	—	—	—	0,9	—
Leimkäse, trocken	5,9	45,0	2,9	2,5	0,3	0,1	22,3	1,4	1,3	—	10,1	—
Liernur-Poudrette . . .	16,9	53,3	7,5	2,7	3,1	5,9	1,3	0,8	9,9	—	3,2	0,6
Maikäfer, frisch	70,6	24,6	3,5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	—	—	0,1	—
Norweg. Fischguano . . .	9,8	56,2	8,5	13,8	0,3	0,6	16,0	0,9	0,5	1,1	0,5	—
Phosphorsaurer Kalk . .	27,7	12,6	1,5	19,5	0,1	0,2	29,3	1,0	1,2	7,1	5,3	—
Polar-Fischguano	6,4	55,9	8,3	13,9	—	0,8	16,6	0,5	—	0,8	2,4	—
Pulver gefall. Tiere . .	5,7	56,9	6,5	13,9	0,3	0,8	18,2	0,4	1,0	0,2	1,7	—
Ruß von Holz	5,0	71,8	1,3	0,4	2,4	0,5	10,0	1,5	0,3	—	4,0	—
desgl. Steinkohlen . .	5,0	66,9	2,4	0,4	0,1	—	4,0	1,5	1,7	—	21,7	—
Scheideschlamm d. Zuckerfabriken	43,3	15,3	0,4	1,2	0,2	0,1	21,6	0,3	0,3	—	3,8	—
Seegras, lufttrocken . . .	15,0	72,8	1,4	0,4	1,6	2,8	1,7	1,0	2,6	0,5	0,3	—
Thomas-Schlacke	—	—	—	17,5	—	—	48,3	4,9	0,3	—	8,0	15,2
Thran-Abfälle	23,0	68,4	8,6	2,3	—	—	3,0	0,2	—	—	0,3	—
Wollstaub und Abfälle .	10,0	56,0	5,2	1,3	0,3	0,1	1,4	0,3	0,5	0,2	29,0	—
V. Asche und Salze.												
Asche von Laubholz . . .	5,0	5,0	—	3,5	10,0	2,5	30,0	5,0	1,6	0,3	18,0	—
desgl. von Nadelholz	5,0	5,0	—	2,5	6,0	2,0	35,0	6,0	1,6	0,3	18,0	—
Ausgel. Holzasche . . .	20,0	5,0	—	2,0	1,5	0,3	28,5	2,5	0,3	—	30,0	—
Braunkohlenasche	—	—	—	0,6	0,7	0,4	16,0	1,9	10,4	—	57,6	9,5
Chilisalpeter	2,6	—	15,5	—	—	35,0	0,2	—	0,7	1,7	1,5	—
Gaskalk	7,0	1,3	0,4	—	0,2	—	64,5	1,5	12,5	—	3,0	—
Gips	20,0	—	—	—	—	—	31,0	0,1	44,0	—	4,5	—
Gips der Sodafabr. . .	9,0	4,0	—	0,1	—	2,2	34,5	—	41,3	—	4,0	—
Kali-Natronsalpeter . . .	0,9	—	14,9	—	16,1	22,2	0,1	—	0,3	1,5	—	—
Melasseasche	6,5	9,2	—	1,0	32,1	11,5	3,5	0,8	7,2	11,1	4,1	5,0
desgl. ausgelaugt . .	32,9	11,3	—	1,6	1,8	1,4	10,2	0,6	0,6	0,3	19,1	11,6
Pfannenstein d. Salin. .	—	—	—	—	6,0	36,1	6,9	0,3	9,5	45,8	—	—
Phosphatgips	18,6	—	—	5,7	—	—	18,4	0,3	25,4	2,5	20,2	7,5
Schwefels. Ammoniak . .	4,0	—	20,5	—	—	—	0,5	—	58,0	1,4	3,0	—
Steinkohlenasche	—	—	—	0,2	0,2	—	3,5	0,8	1,0	—	72,0	19,8
Torfasche (Kalk)	5,0	—	—	1,2	0,5	0,4	45,7	0,5	4,4	0,6	13,1	7,8

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Substanz	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor u. Fluor	Kieselsäure und Sand	Eisenoxyd u. Thonerde
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Torfasche (Eisen, Kalk)	5,0	—	—	1,4	0,8	0,2	33,3	0,4	5,2	—	16,7	22,3
desgl. (Gips, Thon)	—	—	—	1,8	1,8	0,3	14,7	0,8	16,8	—	56,3	5,7
Viehsalz	5,0	—	—	—	—	47,3	1,2	0,2	1,4	54,6	2,0	—
Staßfurter Salze:												
Carnallit	39,2	—	—	—	15,1	0,5	0,7	14,7	1,4	36,5	0,3	—
Konzentr. Kalidüng.	3,1	—	—	—	27,0	17,1	0,3	4,6	19,2	31,4	4,2	—
Dreif. konz. Kalisalz	13,4	—	—	—	29,6	14,6	0,5	3,9	4,1	42,3	1,3	—
Fünff. „ „	4,6	—	—	—	47,5	8,6	0,2	0,9	0,6	47,2	0,4	—
Grugit	12,2	—	—	—	11,2	5,1	14,0	4,1	36,0	7,7	8,6	0,9
Kainit	20,8	—	—	—	16,9	—	—	18,5	34,6	12,9	—	—
Kieserit	16,4	—	—	—	0,6	—	—	27,8	53,0	2,4	—	—
Polyhalit	7,2	—	—	—	14,9	—	18,2	6,8	52,1	0,3	—	—
Präparierter Kainit	12,8	—	—	—	13,8	17,1	1,1	10,1	22,2	28,8	1,0	—
Rohe Kali-Magnesia	8,5	—	—	—	16,9	18,3	1,3	8,6	19,8	30,8	1,9	—
desgl. gereinigt	4,5	—	—	—	28,9	1,9	0,2	12,1	48,9	2,2	1,7	—
Tachydrit	42,5	—	—	—	—	—	10,1	16,7	—	40,9	—	—

Bezeichnung der Düngemittel	Kali garantiert	Schwefelsaures Kali	Chlorkalium	Schwefelsaure Magnesia	Chlornatrium
	%	%	%	%	%
VI. Staßfurter Düngesalz im Handel.					
1. Rohes, schwefelsaures Kali	10—12	8—12	6—11	15—20	35—55
2. Roh-Carallit (Abraumsalz)	9—10	—	16—18	15—20	35—55
3. Rohkainit („Adler-Kainit")*)	12—13	22—24	—	16—18	30—40
4. Grugit	9—10	17—19	—	10—12	10—12
5. Rohe Kali-Magnesia	15—18	28—33	—	21—25	25—40
6. Gereinigte Kali-Magnesia	26—28	48—52	—	34—44	2—4
7. Konzentrierter Kalidünger	25	22	22	10—20	20—35
8. Dreif. konzentr. Kalidünger	30—33	—	50—55	5—10	25—40
9. Fünff. „ „	50—53	—	80—85	—	10—20
10. Schwefelsaures Kali I	50—52	90—95	—	—	1—4
11. „ „ II	38—40	70—75	—	5—10	2—8
12. Kieserit, Kaliabfallsalz	3—5	6—9	—	40—50	30—40
13. Schwefelsaure Magnesia	—	—	—	70—80	—

*) Derselbe mit 2½% Torfstaub gemischt, um das Zusammenballen und Verhärten beim Lagern zu verhüten, kostet Mk. 0,80 pro 50 kg.

C. Übersicht über die Nährstoffmengen, welche einem Boden durch verschieden große Ernten entzogen werden.

Bodennährstoff-Bedarf der wichtigsten Kulturpflanzen. Zusammengestellt von E. Lierke.

Kultur-Gewächse		a) bei einer kleineren b) bei einer mittleren c) bei einer großen Ernte in kg			Es werden einem Hektar Land entzogen an Mineralbestandteilen und Stickstoff in kg		
					K_2O Kali	P_2O_5 Phosphorsäure	N Stickstoff
Getreide.							
Weizen (Winterweizen)	a)	1100 Körner	230 Stroh	300 Spreu	20,83	14,33	34,64
Triticum vulgare L.	b)	3000 „	4000 „	450 „	44,60	34,41	84,84
	c)	4400 „	6000 „	600 „	65,74	50,52	124,64
Roggen (Winterroggen)	a)	900 „	2500 „	150 „	27,51	14,76	28,71
Secale Cereale L.	b)	2100 „	5000 „	300 „	56,74	32,08	62,70
	c)	3400 „	7500 „	450 „	86,54	50,25	98,45
Gerste (Sommergerste)	a)	1200 „	1800 „	300 Grannen	27,75	13,66	30,72
Hordeum vulgare L.	b)	2500 „	3000 „	500 „	48,63	26,70	59,20
	c)	3800 „	4300 „	700 „	70,58	39,92	88,24
Hafer (Rispenhafer)	a)	1100 „	2200 „	250 Spreu	45,43	14,08	35,04
Avena sativa L.	b)	2400 „	3600 „	350 „	76,93	27,08	67,52
	c)	3700 „	5000 „	450 „	108,43	40,08	100,00
Mais (Türkischer Weizen,	a)	1300 „	2500 „	800 Knollen	47,76	16,88	34,56
Kukerutz)	b)	4500 „	6500 „	1500 „	127,00	50,05	106,50
Zea Mays L.	c)	7000 „	10000 „	2200 „	195,42	77,40	164,84
Reis (Sumpfreis)	a)	1500 „	1500 „	300 Spreu	15,84	9,23	14,97
Oryza sativa L.	b)	3000 „	3000 „	500 „	31,54	18,28	29,44
	c)	4500 „	5000 „	700 „	51,22	27,86	43,91
Mohrhirse	a)	2000 „	5000 „	—	31,65	28,39	52,68
Andropogon Sorghum	b)	4000 „	8500 „	—	56,09	52,45	99,06
Brot.	c)	6000 „	12000 „	—	80,52	76,50	145,44
Buchweizen (Haidekorn)	a)	800 „	1200 „	—	5,08	11,96	18,96
Polygonum Fagopyrum	b)	1900 „	2900 „	—	12,19	38,72	45,34
L.	c)	3000 „	4600 „	—	19,29	45,46	71,72
Hülsenfrüchte.							
Erbse (Felderbse)	a)	1600 „	2000 „	—	35,88	20,38	78,08
Pisum sativum L.	b)	2600 „	3100 „	—	56,83	32,60	125,32
	c)	3600 „	4200 „	—	77,77	44,81	172,56

Kultur-Gewächse		a) bei einer kleineren b) bei einer mittleren c) bei einer großen Ernte in kg						Es werden einem Hektar Land entzogen an Mineralbestandteilen und Stickstoff in kg K_2O Kali	P_2O_5 Phosphorsäure	N Stickstoff
Ackerbohne (Pferdebohne) Vicia Faba L.	a)	2000	Körner	2200	Stroh	500	Hülsen	86,20	31,76	125,86
	b	3400	„	3200	„	900	„	137,80	52,58	206,00
	c)	4700	„	4500	„	1200	„	190,42	72,79	285,27
Sojabohne (Ölbohne) Soja hispida Mönch.	a)	1800	„	4000	„	—		42,80	30,83	148,52
	b)	2800	„	7000	„	—		70,49	50,32	241,22
	c)	3800	„	10000	„	—		98,18	69,81	333,92
Lupine (gelbe) Lupinus luteus L.	a)	800	„	1600	„	600	Hülsen	43,03	15,97	65,68
	b)	1600	„	2300	„	800	„	66,39	29,27	120,02
	c)	2400	„	3000	„	1000	„	89,73	42,57	174,36
Lupine (grüne zur Düngung resp. Futter	a)	8000	grün	oder		2000	Heu	15,92	11,62	54,80
	b)	22000	„	„		5500	„	43,78	31,96	150,70
	c)	36000	„	„		9000	„	71,64	52,29	246,60
Wurzelgewächse.										
Kartoffel Solanum tuberosum L.	a)	15000	Knollen	—		2000	Kraut	93,57	26,98	58,40
	b)	25000	„	—		3000	„	154,58	44,47	96,10
	c)	35000	„	—		4000	„	215,59	61,96	133,80
Zuckerrübe Beta vulgaris L.	a)	20000	Rüben	—		5000	Blätter	95,55	20,85	47,00
	b)	35000	„	—		7000	„	160,16	35,21	77,00
	c)	50000	„	—		9000	„	224,77	49,57	107,00
Futterrunkel (Dickwurz) Beta vulgaris L.	a)	20000	„	—		6000	„	121,82	21,30	54,00
	b)	50000	„	—		13000	„	295,61	51,35	129,00
	c)	80000	„	—		22000	„	478,34	83,30	210,00
Kohlrübe (Wrucke) Brassica oleracea Napobr. L. Brassica Napus rapifera D.C.	a)	20000	„	—		3500	„	80,07	28,91	53,90
	b)	45000	„	—		8000	„	180,51	65,29	121,70
	c)	70000	„	—		14000	„	285,18	104,72	194,60
Wasserrübe (Weiße Rübe) Brassica Rapa rapifera Metzger.	a)	20000	„	—		5000	„	72,10	20,55	51,00
	b)	45000	„	—		10000	„	158,75	45,15	111,00
	c)	70000	„	—		15000	„	245,40	69,75	171,00
Möhre (weiße und gelbe Riesen) Daucus Carota L.	a)	25000	„	—		4000	„	77,11	26,55	67,90
	b)	50000	„	—		7500	„	152,80	52,63	133,25
	c)	70000	„	—		10500	„	213,92	73,68	186,55
Topinambur (Erdbirne) Helianthus tuberosus L.	a)	15000	Knollen	—		5000	Stengel	85,50	24,25	74,50
	b)	30000	„	—		10000	„	171,00	48,50	149,00
	c)	48000	„	—		16000	„	273,60	77,60	238,40
Cichorie (deutscher Kaffee) Cichorium intybus L.	b)	16000	Wurzeln	—		2000	Blätter	49,74	15,52	47,00
	c)	25000	„	—		3000	„	77,18	24,12	73,00
	a)	35000	„	—		4500	„	109,35	34,08	103,25

Kultur-Gewächse		a) bei einer kleineren b) bei einer mittleren c) bei einer großen Ernte in kg			Es werden einem Hektar Land entzogen an Mineralbestandteilen und Stickstoff in kg K_2O Kali	P_2O_5 Phosphorsäure	N Stickstoff
Futtergewächse.							
Wiesenheu, einschürig	a)	2000 Heu	—	—	31,94	8,50	31,00
	b)	6000 „	—	—	95,82	25,50	93,00
gute Niederungs- und Wässerwiesen	c)	10000 „	—	—	226,20	60,00	187,00
Englisches Raygras Lolium perenne L.	a)	9000 grün	oder	3500 trocken	123,66	31,50	52,20
	b)	18000 „	„	6000 „	247,32	63,00	104,40
	c)	27000 „	„	8600 „	370,98	94,50	156,60
Thimotheegras (Lieschgras) Phleum pratense L.	a)	12000 „	„	5000 „	101,40	34,50	77,50
	b)	26000 „	„	10000 „	202,80	69,00	155,00
	c)	40000 „	„	14000 „	283,92	96,60	217,00
Mais (Grünmais i. d. Blüte) Zea-Mays L.	a)	30000 grüne	Pflanzen	—	110,40	31,20	57,00
	b)	50000 „	„	—	184,00	52,00	95,00
	c)	72000 „	„	—	264,96	74,88	136,80
Rotklee (Wiesenklee) Trifolium pratense L.	a)	—	—	—	—	—	—
	b)	300 Samen	—	1800 Stroh	21,79	12,26	25,35
	c)	650 „	—	2500 „	33,42	20,28	42,33
Rotklee in der Blüte Trifolium pratense L.	a)	16000 grün	oder	4000 Heu	69,44	20,80	76,80
	b)	28000 „	„	7000 „	121,52	36,40	134,40
	c)	40000 „	„	10000 „	173,60	52,00	192,00
Luzerne (ewiger Klee) Medicago sativa L.	a)	20000 „	„	5000 „	90,40	32,60	144,00
	b)	32000 „	„	8000 „	144,64	52,16	230,40
	c)	45000 „	„	11000 „	203,40	73,35	324,00
Weißklee (kriechender Klee) Trifolium repens L.	a)	10000 „	„	2000 „	36,50	18,30	56,00
	b)	14000 „	„	3500 „	51,10	25,62	78,40
	c)	18000 „	„	4000 „	65,70	32,94	100,80
Inkarnatklee (Blutklee) Trifolium incarnatum L.	a)	12000 „	„	2500 „	31,20	9,48	51,60
	b)	20000 „	„	4000 „	52,00	15,80	86,00
	c)	25000 „	„	5500 „	65,00	19,75	107,50
Wundklee (Tannenklee) Anthyllis vulneraria L.	a)	9000 „	„	2000 „	26,55	8,64	40,50
	b)	22000 „	„	5000 „	64,90	21,12	99,00
	c)	35000 „	„	8000 „	103,25	33,60	157,50
Esparsette Hedysarum Onobrychis L.	a)	12000 „	„	3000 „	34,92	12,24	80,40
	b)	26000 „	„	6000 „	75,66	26,52	174,20
	c)	40000 „	„	9000 „	116,40	40,80	268,00

Kultur-Gewächse		a) bei einer kleineren / b) bei einer mittleren / c) bei einer großen Ernte in kg						Es werden einem Hektar Land entzogen an Mineralbestandteilen und Stickstoff in kg		
								K_2O Kali	P_2O_5 Phosphorsäure	N Stickstoff
Seradella (Sandklee) Ornithopus sativus Brot.	a)	12000	grün		oder	3000	Heu	87,96	25,80	57,60
	b)	22000	„		„	5000	„	161,26	47,30	105,60
	c)	30000	„		„	7000	„	219,90	64,50	144,00
Grünwicken (Futterwicke) Vicia sativa L.	a)	15000	„		„	3000	„	63,75	20,10	84,00
	b)	23000	„		„	4500	„	97,75	30,82	128,80
	c)	30000	„		„	6000	„	127,50	40,20	168,00
Handelsgewächse.										
Raps (Winterraps, Ölsaat) Brassica Napus oleifera D. C	a)	1000	Körner	3000	Stroh	1000	Schoten	52,90	27,65	54,40
	b)	2400	„	5000	„	1700	„	95,50	58,34	113,76
	c)	3800	„	7000	„	2500	„	139,06	89,40	173,76
Mohn Papaver somniferum L.	a)	800	„	2000	„		—	42,48	16,07	43,80
	b)	1200	„	3500	„		—	72,93	24,89	71,05
	c)	1600	„	5000	„		—	103,38	33,71	98,30
Lein (Flachs), Linum usitatissimum L.	a)	400	Samen	3000	Stengel	300	Spreu	37,43	18,97	—
	b)	600	„	4500	„	500	„	56,90	28,68	—
	c)	800	„	6000	„	600	„	74,85	37,94	—
Hanf Cannabis sativa L.	a)	800	Körner	3000	„		—	23,98	19,72	—
	b)	1000	„	6000	„		—	42,33	29,35	—
	c)	12	„	9000	„		—	60,68	38,98	—
Baumwolle Gossypium herbaceum L.	a)	490	Samen	180	Fasern		—	6,00	5,36	18,43
	b)	1640	„	600	„		—	20,08	17,93	61,66
	c)	3300	„	1200	„		—	40,38	36,07	124,05
Hopfen Humulus Lupulus L.	a)	400	Dolden	1000	Blätter	1400	Ranken	43,84	18,30	69,46
	b)	1000	„	2000	„	2500	„	88,95	37,67	140,65
	c)	2000	„	3000	„	3600	„	143,24	61,49	224,72
Tabak Nicotiana tabacum L.	a)	900	Blätter	700	Stengel		—	56,57	12,35	48,54
	b)	1800	„	1500	„		—	115,97	25,64	99,54
	c)	2700	„	2000	„		—	166,89	36,15	143,16
Wein Vitis vinifera L.	a)	4000	Traub.	2000	Gipfel	2500	Rebholz	36,04	11,30	34,55
	a)	8000	„	3500	„	4500	„	68,54	21,33	62,68
	c)	12000	„	5000	„	6000	„	98,98	30,66	88,75
Zuckerrohr Saccharum officinarum L.	a)	35000			—		—	38,50	13,30	184,80
	b)	75000			—		—	82,50	28,50	396,00
	c)	110000			—		—	121,00	41,80	580,80
Zuckermohrhirse Andropogon Shorgum saccharatum Alfd.	a)	20000	grüne	Pflanzen			—	126,00	20,20	100,00
	b)	60000	„	„			—	378,00	60,60	300,00
	c)	100000	„	„			—	630,00	101,00	500,00

Kultur=Gewächse		a) bei einer kleineren / b) bei einer mittleren / c) bei einer großen } Ernte in kg			Es werden einem Hektar Land entzogen an Mineralbestandteilen und Stickstoff in kg: K_2O Kali	P_2O_5 Phosphorsäure	N Stickstoff
Ölbaum (Olive)*) Olea Europaea.	a)	—	—	—	—	—	—
	b)	280 Bäume erzeugten im Jahre: 4800 kg trockene Blätter, 4800 kg trockenes Holz, 1867 kg trockene Früchte = 2520 kg frisch.			102,12	77,50	349,70
	c)	—	—	—	—	—	—
Gartengewächse.							
Gartenbohne (Zwergbohne) Phaseolus vulgaris L.	a)	800 Körner	1000 Stroh	—	22,48	11,62	43,70
	b)	1800 „	2000 „	—	57,37	25,18	95,20
	c)	2700 „	3000 „	—	71,06	37,76	142,80
Weißkraut (Kopfkohl, Cappus) Brassica oleracea capitata D. C.	a)	30000 Köpfe	—	—	173,10	42,30	72,00
	b)	70000 „	—	—	403,90	98,70	168,00
	c)	100000 „	—	—	577,00	141,00	240,00
Blumenkohl Brassica oleracea botrytis D. C.	a)	8000 Herz	8000 Blätter	—	68,08	19,68	52,01
	b)	24000 „	24000 „	—	204,24	59,04	156,00
	c)	35000 „	35000 „	—	297,85	86,10	227,50
Kohlrabi (Oberrübe) Brassica oleracea canlorapa D. C.	a)	12000 Rüben	10000 „	—	92,14	35,66	82,60
	b)	30000 „	25000 „	—	230,35	89,15	206,50
	c)	48000 „	40000 „	—	368,56	142,64	330,40
Kopfsalat Lactuca sativa L.	a)	7000 Köpfe	—	—	27,09	6,58	15,40
	b)	14000 „	—	—	54,18	13,16	30,80
	c)	21000 „	—	—	81,27	19,74	46,20
Gurke Cucumis sativus L.	a)	19000 Gurken	—	—	41,23	20,14	30,40
	b)	60000 „	—	—	130,20	63,60	96,00
	c)	100000 „	—	—	217,00	106,00	160,00
Meerrettich Armoracia rusticana Lam.	a)	9000 Wurzeln	—	—	59,40	15,84	38,70
	b)	15000 „	—	—	99,00	26,40	64,50
	c)	22000 „	—	—	145,20	38,72	94,60
Zwiebel Allium cepa L.	a)	20000 Zwieb.	—	—	54,00	27,60	54,00
	b)	30000 „	—	—	81,00	41,40	81,00
	c)	40000 „	—	—	108,00	55,20	108,00

*) Nach den Ermittelungen von E. Bechie. „Saggi di experienzi agrarie". Band I. 23—34, Jahrgang 1870.

D. Zusammenstellung der Flächenmaße und Gewichte verschiedener Länder.

	Flächenmaße, verglichen mit Ar und Quadratmetern	Gewichte, verglichen mit Kilogrammen
Europa:		
Deutsches Reich	1 Hektar = 100 Ar à 100 qm	1 Meter-Centner = 100 kg
Anhalt	1 Morgen = 25,5 " = 2550 "	
Baden	1 Morgen = 36,0 " = 3600 "	
Bayern	1 Tagwerk = 34,0 " = 3400 "	
Braunschweig	1 Morgen = 25,0 " = 2500 "	
Hannover	1 Morgen = 26,2 " = 2620 "	
Hessen (Großherzogtum)	1 Morgen = 25,0 " = 2500 "	
Hessen-Nassau	1 Acker = 23,9 " = 2390 "	
Mecklenburg-Schwerin	1 Morgen = 21,7 " = 2170 "	
Mecklenburg-Strelitz	1 Morgen = 21,7 " = 2170 "	
Nassau	1 Morgen = 25,0 " = 2500 "	
Oldenburg	1 Morgen = 25,0 " = 2500 "	
Preußen	1 Morgen = 25,5 " = 2550 "	
Sachsen (Königreich)	1 Acker = 55,3 " = 5530 "	
Sachsen-Weimar	1 Acker = 28,5 " = 2850 "	
Württemberg	1 Morgen = 31,5 " = 3150 "	
Belgien	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 kg
Dänemark	1 Tonne Land = 5516,3 "	1 Centner = 100 Pfund = 50 "
Frankreich	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Großbritannien	1 Acre = 40,5 " = 4050 "	1 Hundertweight (Centner) = 50,8 "
Italien	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Niederlande	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Oesterreich	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Ungarn	1 Joch = 43,2 " = 4320 "	1 Meter-Centner = 100 "
Portugal	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Rußland	1 Dessätine = 109,25 " = 10925 "	1 Pud = 40 Pfund = 16,4 "
Schweden-Norwegen	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Schweiz	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Spanien	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Meter-Centner = 100 "
Amerika:		
Argentinien	1 Hektar = 100 Ar à 100 qm	1 Meter-Centner = 100 kg
Chile	1 Hektar = 100 " à 100 "	1 Quintal = 46 "
Vereinigte Staaten	1 Acre = 40,5 " = 4050 "	1 Hundertweight (Centner) = 50,8 "

Register.